

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica



TESIS DOCTORAL

**Determinación de perfiles del geoide. Optimización de
métodos y aplicación a al red astrogeodésica-de Portugal**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Alfonso Nuñez-Garcia del Pozo

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Facultad de Ciencias Matemáticas

Departamento de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica

TP
1988
236



x-53-017432-3

**DETERMINACION DE PERFILES DEL GEOIDE.
OPTIMIZACION DE METODOS Y APLICACION
A LA RED ASTROGEODESICA DE PORTUGAL**

Alfonso Núñez-García del Pozo

Madrid, 1988

Colección Tesis Doctorales. N.º 236/88

© Alfonso Núñez-García del Pozo

**Edita e imprime la Editorial de la Universidad
Complutense de Madrid. Servicio de Reprografía
Noviciado, 3 - 28015 Madrid
Madrid, 1988
Ricoh 3700
Depósito Legal: M-7998-1988**

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMATICAS
DPTO DE FISICA DE LA TIERRA,
ASTRONOMIA Y ASTROFISICA.
SECCION DEPARTAMENTAL DE
ASTRONOMIA Y GEODESIA.

DETERMINACION DE PERFILES DEL GEOIDE.
OPTIMIZACION DE METODOS Y APLICACION
A LA RED ASTROGEODESICA DE PORTUGAL.

Director: M.J. Sevilla de
Lerma, Catedrático de
Astronomía y Geodesia.

Memoria que presenta Alfonso
Núñez-García del Pozo para
optar al grado de Doctor en
Ciencias Matemáticas.

Madrid, Febrero de 1987

Agradecimientos.

Agradezco la dedicación del Profesor y Catedrático D. Miguel Sevilla de Lerma en la elaboración de esta memoria, al Ingeniero Geógrafo D. Joao Agria Torres del I.G.C. de Portugal, y al propio I.G.C. por los datos, sin los que no se hubiese podido realizar este estudio y por el interés mostrado en su desarrollo, a D. Angel Arévalo Barroso, Director General del I.G.N. por las facilidades que en todo momento he tenido para el estudio de estos temas y al Centro de Cálculo del I.G.N. dirigido por el Ingeniero Geógrafo D. Sebastian Mas Mayoral cuyo perfecto funcionamiento ha permitido el desarrollo de cálculos tan laboriosos.

INDICE.

Introducción	1
Capítulo 1.- Coordenadas Astronómicas y Geodésicas. Des- viaciones de la Vertical.	
1.1.- Sistemas de Coordenadas en Geodesia Física y Geométrica	9
1.2.- Desviaciones de la Vertical	15
1.3.- Ondulaciones del Geoide	16
Capítulo 2.- Enlace de Sistemas de Referencia Geodésicos.	
2.1.- Modelos Matemáticos	18
2.2.- Estimación de Parámetros de Transformación	25
Capítulo 3.- Determinación del Geoide por el Método de Hel- mert.	
3.1.- Método de Helmert. Aproximación Lineal	28
3.2.- Estudio de Errores en el Método de Helmert	31
3.3.- Compensación en el Método de Helmert	36
Capítulo 4.- Determinación del Geoide por el Método de Hel- mert con Ajuste por Mínimos Cuadrados.	
4.1.- Planteamiento de Problema.....	39
4.2.- Aplicación del Método de Mínimos Cuadrados a la Deter- minación del Geoide	43
4.3.- Detección de Errores Groseros	48
4.4.- Tests Estadísticos de Contraste de Hipótesis	67
4.5.- Estudio de Matrices de Varianza-Covarianza a Priori ..	69
4.6.- Optimización de la Determinación del Geoide por el Mé- todo de Helmert	70
4.7.- Problemas de Control	76
4.8.- Ajuste Libre para la Determinación del Geoide	82

II

Capítulo 5.- Métodos de Aproximación Polinómica.		
5.1.- Descripción de Método	92	
5.2.- Modelo para Datos Heterogéneos	97	
5.3.- Elección del Grado del Polinomio de Aproximación	105	
Capítulo 6.- Predicción Mínimo Cuadrática en la Determinación del Geoide.		
6.1.- Modelo Matemático	107	
6.2.- Predicción por Mínimos Cuadrados	113	
Capítulo 7.- Determinación del Geoide en Portugal.		
7.1.- Introducción	119	
7.2.- Método de Helmert	123	
7.3.- Método de Aproximación Polinómica	140	
7.4.- Método de Aproximación por Predicción Mínimo Cuadrática	145	
Capítulo 8.- Análisis de la Red Fundamental de Portugal.		
Influencia de la Desviación de la Vertical y la Ondulación del Geoide.		
8.1.- Análisis de la Red Fundamental de Portugal	148	
8.2.- Interpolación de Desviaciones de la Vertical y Ondulaciones del Geoide en la Red Fundamental de Portugal .	159	
8.3.- Influencia de la Desviación de la Vertical y la Ondulación del Geoide en la Red Fundamental de Portugal ...	164	
Capítulo 9.- Proyecto de Determinación de Geoide para España		167
Capítulo 10.- Programas de Cálculo Automático.		
10.1.- Programa DOPPEL	197	
10.2.- Programa PROGEO	203	

iii

10.3.- Programa GEOPOR1	214
10.4.- Programa INTDES	219
10.5.- Programa INTGEO	220
10.6.- Programa PROGCC1	221
10.7.- Programa CORDVN	243
10.8.- Programa ABELI1	247
Apéndice 1.- Cambio de Sistemas de Referencia	251
Apéndice 2.- Precisión de las Observaciones Espaciales ...	257
Apéndice 3.- Estimación en Modelos Lineales	268
Apéndice 4.- Determinación de la Matriz Seudoinversa	301
Apéndice 5.- Procesos Estocásticos Gaussianos	311
Bibliografía	320

INTRODUCCION

La aparición de nuevas técnicas de observación en las ciencias geodésicas, tales como la observación Doppler a satélites, laser a satélites, laser Luna, interferometría de corta y larga base, medida electrónica de distancias, etc, hace indispensable el conocimiento de la ondulación del geoide con una cierta precisión por dos razones distintas, la reducción correcta de las observaciones efectuadas sobre la superficie de la Tierra al elipsoide de referencia y segundo e igualmente importante, para la comparación y control de los resultados obtenidos por métodos clásicos con los obtenidos al aplicar estas nuevas tecnologías.

La geodesia clásica mediante observaciones terrestres tales como, medida de ángulos, de distancias y acimutes astronómicos, y por cálculos laboriosos, obtiene las coordenadas geodésicas latitud y longitud de una serie de puntos denominados vértices geodésicos. La tercera coordenada necesaria para situar un punto en el espacio respecto al elipsoide de referencia escogido, es la altitud h , que en la proyección de Helmert se compone de dos partes, la cota ortométrica H , o la altitud del punto sobre el geoide y la ondulación del geoide N , o separación entre las superficies del geoide y elipsoide de referencia. La cota ortométrica H se determina por nivelación de geometría de precisión o por nivelación trigonométrica. Por tanto un punto queda determinado en geodesia por las coordenadas (φ, λ, h) respecto a un sistema de referencia definido de antemano.

La entrada en funcionamiento de las técnicas de observación a satélites u objetos celestes, ha supuesto un cambio profundo en cuanto a los sistemas de referencia geodésicos, puesto que han

permitido determinar sistemas de referencia con características dinámicas (centro de masas terrestre, ejes de inercia, etc), con precisiones inferiores a 1 metro. Este hecho era totalmente inabordable para la geodesia clásica de grandes triangulaciones y astronomía de posición. Así, las observaciones a satélites TRANSIT por técnicas Doppler, permiten establecer o determinar las coordenadas cartesianas (X,Y,Z) en un conjunto de puntos, que normalmente coinciden con vértices geodésicos, formando redes de control para la geodesia clásica. Las coordenadas cartesianas estan relacionadas con las coordenadas geodésicas por las bien conocidas fórmulas de la geodesia tridimensional,

$$X = (\varphi + h) \cos \varphi \cos \lambda$$

$$Y = (\varphi + h) \cos \varphi \sin \lambda$$

$$Z = (\varphi (1-e^2) + h) \sin \varphi$$

siendo φ la normal principal o gran normal del elipsoide de referencia en el punto de coordenadas (φ, λ) ; e^2 la primera excentricidad del elipsoide. Por tanto, dada una serie de puntos con coordenadas determinadas por observaciones clásicas y espaciales, un primer problema que se plantea es relacionar ambos sistemas de referencia mediante transformaciones geométricas de similitud o tipo Helmert en tres dimensiones.

Ahora bien, las coordenadas geodésicas obtenidas por métodos clásicos, están afectadas de los sistematismos propios de las técnicas utilizadas, y que se manifiestan en distorsiones tanto en orientación como en escala, debido fundamentalmente a errores sistemáticos en las observaciones de campo, mala reducción al elipsoide de referencia y no corrección por campo gravitatorio terres-

tre. Esto no sucede en las observaciones espaciales, que si bien son en la actualidad menos precisas localmente (salvo la interferometría de corta base, que ha dado ya precisiones tan buenas como las que oferta la observación clásica), globalmente son más precisas. Por tanto, en redes de gran extensión de carácter nacional o continental, las observaciones a satélites deben utilizarse como control en orientación y escala de las redes clásicas.

La determinación de la transformación óptima entre ambos sistemas de referencia para fines geodésicos geométricos, se basa en la comparación de dos conjuntos de coordenadas en puntos comunes, para lo que es necesario conocer las altitudes sobre el elipsoide de referencia geodésico h_g , o lo que es lo mismo, la ondulación del geoide N , en dichos puntos, puesto que la cota ortométrica H se supone conocida por nivelación. Luego es posible utilizar los datos espaciales en la mejora de la geodesia clásica, siempre que sepamos relacionar con ciertas garantías en cuanto a la precisión, los sistemas de referencia clásicos y espaciales, y esto nos lleva a un buen conocimiento de las ondulaciones del geoide.

Por otra parte, las observaciones realizadas sobre la superficie de la Tierra de ángulos, acimutes astronómicos y distancias, han de ser reducidas convenientemente al elipsoide de referencia, superficie sobre la que se realizan los cálculos geodésicos y en particular las compensaciones de las redes clásicas. Si bien, en las redes trianguladas exclusivamente, la ignorancia de la ondulación del geoide no lleva a errores importantes, no sucede lo mismo en las redes donde se han observado distancias. Diversos estudios realizados sobre la influencia de la desviación de la vertical y la ondulación del geoide en redes trianguladas y trilatera-

das conducen a discrepancias demasiado importantes entre los resultados que se obtienen bajo su consideración o su no consideración. Aquí se va a procesar la red de primer orden de Portugal bajo distintas hipótesis de trabajo y se van a determinar en un ejemplo concreto el orden de estas discrepancias. Digamos finalmente, que en la Península Ibérica la influencia en la reducción de las distancias del geoide al elipsoide es del orden de 3 a 5 partes por millón, respecto de los sistemas geodésicos vigentes en la actualidad RE50 o ED79.

Estas razones hacen pensar que la determinación del geoide con una cierta precisión, sea desde el punto de vista geodésico indispensable para la consecución de redes fundamentales adecuadas a las necesidades tanto técnicas como científicas actuales, bien como apoyo a redes de orden inferior o para proyectos de carácter internacional.

Unidas a estas necesidades de tipo geodésico están las necesidades de tipo geofísico, y hacen indispensable una determinación del geoide en España, con precisiones locales inferiores a 20 centímetros y globales de al menos 1 metro, como un fin prioritario dentro de los trabajos geodésicos a realizar en el futuro en nuestro país. Este es el aspecto más importante de esta memoria, en la que se han desarrollado las técnicas de cálculo adecuadas y contrastadas en la zona test de Portugal, para responder de forma práctica y rigurosa al problema planteado, definiéndose un proyecto tanto de tratamiento de la información de campo, y un esquema de observación, para que en un plazo breve (5 años), España tenga un geoide que responda a las características de los determinados por otros países Europeos de mayor tradición geodésica que el nuestro.

En un principio se planteó como fin primordial de esta memoria, el estudio del geoide en la Península Ibérica, pero la escasez de datos en España nos hizo reducir el área de trabajo a la zona de Portugal, que en los últimos años ha venido realizando diversas campañas de astronomía geodésica de segundo orden, disponiendo en la actualidad de una información muy completa en este tema y de gran calidad para un buen estudio del geoide por métodos astrogeodésicos. La distancia media entre puntos dato en desviación de la vertical es de unos 25 a 30 kilómetros, cumpliéndose las especificaciones que se piden en Europa por las distintas comisiones científicas encargadas de estos temas, (Nuno de Souza, Afonso, 1978).

El trabajo se ha dividido en diez capítulos que comentamos brevemente a continuación. En un primer capítulo se introducen una serie de conceptos básicos, definiciones y matizaciones de las nociones geodésicas que se tratan en los siguientes capítulos. El segundo capítulo trata de la teoría de cambios de sistemas de referencia, usados en la transformación de coordenadas y en el control de ondulaciones del geoide por métodos espaciales. El tercer capítulo desarrolla el método de Helmert de nivelación astrogeodésica a lo largo de perfiles, estudiándose los errores y sus acotaciones en la aproximación lineal que se postula en el método de Helmert. En el cuarto capítulo se discute el método lineal de Helmert con compensación por mínimos cuadrados, dándose distintas técnicas de detección de errores groseros, tests estadísticos de contraste de hipótesis, control por técnicas de satélites, técnicas de simulación y el tratamiento de redes de nivelación astrogeodésicas libres. En el capítulo quinto se tratan las técnicas

de aproximación polinomial de ondulaciones del geoide y desviaciones del vertical para zonas reducidas de la superficie terrestre. El capítulo sexto desarrolla el método de predicción lineal por mínimos cuadrados (autoregresión lineal) para interpolación de desviaciones de la vertical y ondulaciones del geoide. En el capítulo séptimo se discuten los resultados obtenidos en la aplicación de estos métodos a la zona test de Portugal. En el capítulo octavo se analiza la Red de Primer Orden o Fundamental de Portugal y se hace un estudio de la influencia de las desviaciones de la vertical y ondulaciones del geoide en los resultados de la compensación de la red. En el capítulo noveno se hace un proyecto de geoide para España en base a técnicas de simulación para distintas hipótesis de trabajo y técnicas de observación, es decir, observaciones astrogeodésicas, gravimétricas, Doppler e interferometría de corta base. Finalmente en el capítulo décimo se describen los programas de cálculo automático elaborados para este trabajo.

Algunos tópicos especiales se tratan en apéndices. El apéndice uno trata el tema de cambios de elipsoide de referencia bajo el aspecto de 1-formas diferenciales. El apéndice segundo discute la precisión de los datos espaciales con los resultados obtenidos por el autor de esta memoria en cuanto a técnicas Doppler e interferometría de corta base. El apéndice tercero trata el problema de la estimación en modelos lineales. El apéndice cuarto discute la resolución de sistemas de ecuaciones lineales con deficiencia de rango, es decir, la determinación explícita de matrices pseudoinversas. Finalmente el apéndice quinto da una breve descripción de la teoría de procesos estocásticos en el plano.

Como conclusión de los métodos estudiados y precisiones obtenidas se presenta en el capítulo noveno un proyecto de determinación de geoide para España, utilizando como parámetros fundamentales, precisión, plazos de tiempo, personal técnico necesario, costos, etc, que resuelva en un plazo de tiempo razonable el lamentable estado en que se encuentra nuestro país en estos temas de fundamental importancia tanto desde el punto de vista científico, como técnico.

Digamos también, que es la primera vez en la literatura geodésica conocida por el autor de esta memoria, que se hace un estudio comparativo y profundo de estos métodos, y se aplican técnicas de simulación a este tema concreto de determinación del geoide.

La entrada con todo vigor en la década de los 90 de las nuevas técnicas de interferometría, será sin lugar a dudas una revolución en las Ciencias Geodésicas y Astronómicas. La potencia demostrada por estos métodos, y lo que se espera de ellas en un futuro muy próximo, hacen de la determinación del geoide una necesidad de la máxima urgencia para la correcta aplicación a control de redes geodésicas de estas precisas observaciones de carácter espacial.

Por métodos clásicos de Astronomía y Gravimetría, se pueden obtener precisiones locales en la determinación de ondulaciones del geoide inferiores a 0.05 metros. Con la implementación de redes de control observadas interferométricamente con la constelación de satélites GPS, se obtendrán precisiones globales, a nivel nacional, de este mismo orden, siendo el valor científico de estos resultados, inapreciable para el estudio en general de las Ciencias de la Tierra.

Se puede pensar que estas afirmaciones son resultado de consideraciones teóricas, y que no serán jamás alcanzadas, o bien, que el esfuerzo económico es desproporcionado a la utilidad social de los resultados obtenidos. Desde un punto de vista científico y técnico la respuesta es evidente, más cuando España debe integrarse en Europa también en estos temas científicos. A nivel social o político la respuesta puede ser la misma, pero pongamos un ejemplo sencillo que no deje lugar a dudas. En estos momentos España tiene entre manos una de las obras de ingeniería más grandes de las realizadas o en proyecto en el mundo, la comunicación fija entre los continentes Europeo y Africano a través de Estrecho de Gibraltar. Los estudios de tipo geodinámico y en particular geodésico para la realización de esta magna obra necesitan de una infraestructura geodésica de estas características antes indicadas, y pensemos que las aportaciones científicas únicamente para este proyecto, ya justifican los gastos mínimos, cuando se habla de billones de pesetas, que conllevaría una geodesia de alta calidad en España.

CAPITULO 1

COORDENADAS ASTRONOMICAS Y GEODESICAS. DESVIACIONES DE LA VERTICAL.

1.1.- Sistemas de coordenadas en Geodesia Física y Geométrica.

Consideremos como conjunto de interés geodésico una región exterior a la esfera de Bjerhammar lo suficientemente pequeña para suponer que sea localmente euclídea y que dicha hipótesis sea consistente con la realidad física. A este conjunto lo denominamos M y es donde tienen lugar los eventos geodésicos de los que trata este trabajo. El conjunto M es isométrico a un subconjunto del espacio euclídeo tridimensional E^3 y se le puede dotar de una estructura de espacio afín mediante un sistema de referencia terrestre convencional (O,U) , siendo O el centro de masas terrestre y U definido por los campos vectoriales U_3 en sentido positivo hacia el norte y en la dirección del polo O.C.I., U_1 en el plano del ecuador y del meridiano origen de longitudes (U.T.1) y U_2 ortogonal a los anteriores y en sentido positivo hacia el este. Si se suponen los campos U_i , $i=1,2,3$ unitarios el sistema de referencia definido por (O,U) es ortonormal y dextrogiro, definiendo un sistema de coordenadas que llamaremos geocéntrico (X,Y,Z) .

Al lado del sistema de referencia geocéntrico (S.R.G.) vamos a definir otros tipos de sistemas de referencia (S.R.) euclídeos que van a jugar un papel fundamental a lo largo de este trabajo. Consideremos el S.R. definido por (O',U') siendo O' el origen del sistema, en general no coincidente con O , y U' tampoco coincidente con U , aunque las diferencias se consideren cantidades de primer orden con respecto a las magnitudes terrestres. El sistema (O',U') define un sistema de coordenadas no geocéntrico (x,y,z) .

Sea el vector,

$$\underline{OO'} = (x_0, y_0, z_0)$$

y w_1, w_2, w_3 los ángulos de Euler que relacionan ambos sistemas, supuestas cantidades de primer orden la traslación y la rotación son independientes y por tanto los dos S.R. quedan relacionados por la ecuación matricial,

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 1 & -w_3 & w_2 \\ w_3 & 1 & -w_1 \\ -w_2 & w_1 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (1.1.1)$$

En el siguiente capítulo se discutirá con mayor extensión este tema al tratar del enlace de los sistemas terrestres geodésicos y de satélites.

El S.R. astronómico local se define por: El origen en el lugar de observación P de M, el triedro E por: E_3 es el campo cuyas curvas integrales son las líneas de fuerza del campo gravífico terrestre W (se supone que W no tiene singularidades en M), el campo E_1 contenido en el plano tangente a la equipotencial que pasa por P y dirigido hacia el norte y el campo E_2 ortogonal a los anteriores y dirigido hacia el este. Se suponen dichos campos unitarios y por tanto el triedro E es ortonormal.

Se define la latitud astronómica $\bar{\Phi}$ en un punto P de la superficie terrestre $\bar{\Phi}_P$ como el ángulo que forma la vertical de P con el plano del ecuador instantáneo (ecuador determinado respecto del eje de rotación instantáneo).

Se llama longitud astronómica $\bar{\Lambda}$ de un punto P de la superficie terrestre $\bar{\Lambda}_P$ al ángulo que forma el plano meridiano astronómico de P con el plano meridiano origen (meridiano de Greenwich) tomándose positiva hacia el este de 0° a 360°.

Se llama latitud geodésica φ al ángulo que forma la normal al elipsoide de referencia con el plano del ecuador geodésico, se mide de 0º a 90º positiva hacia el norte.

Se llama longitud geodésica λ al ángulo que forman el meridiano origen (meridiano de Greenwich) con el meridiano geodésico que pasa por el punto, se mide de 0º a 360º positiva hacia el este.

Las coordenadas cartesianas (x,y,z) y las coordenadas geodésicas (φ , λ , h), siendo h la altitud del punto sobre el elipsoide de referencia medida a lo largo de la normal a este, están relacionadas por (Heiskanen, Moritz, 1985)

$$\begin{aligned} x &= (\varphi + h) \cos \varphi \cos \lambda \\ y &= (\varphi + h) \cos \varphi \sin \lambda \\ z &= (\varphi (1-e^2) + h) \sin \lambda \end{aligned} \quad (1.2.1)$$

siendo φ la normal principal al elipsoide dada por

$$\varphi = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}}$$

Se llama acimut astronómico de una dirección PQ, en el punto P, al ángulo que forma el plano vertical de P que contiene esa dirección con el plano meridiano astronómico de P. Se mide sobre el plano del horizonte astronómico de 0º a 360º desde el norte y positivo hacia el este.

Se define el acimut geodésico de la dirección PQ, como el ángulo formado por la dirección de la geodésica sobre el elipsoide que une P y Q y el meridiano geodésico de P. Se mide de 0º a 360º desde el norte y positivo hacia el este.

Utilizando estas definiciones los triedros U y E están relacionados por la ecuación matricial (Núñez, A. 1983)

$$E = A U \quad (1.1.2)$$

siendo A la matriz del grupo de las rotaciones

$$A = \begin{pmatrix} -\text{sen } \bar{\Phi} \cos \Lambda & -\text{sen } \bar{\Phi} \text{sen } \Lambda & \cos \bar{\Phi} \\ -\text{sen } \Lambda & \cos \Lambda & 0 \\ \cos \bar{\Phi} \cos \Lambda & \cos \bar{\Phi} \text{sen } \Lambda & \text{sen } \bar{\Phi} \end{pmatrix} \quad (1.1.3)$$

Ahora bien, la definición de estas coordenadas no es consecuente con la definición del triedro U con respecto al polo O.C.I. por lo que se reducen al polo medio mediante las expresiones (Sevilla, M.J., 1983).

$$\begin{aligned} \bar{\Phi} &= \bar{\Phi} - x_p \cos \bar{\Lambda} + y_p \text{sen } \bar{\Lambda} \\ \Lambda &= \bar{\Lambda} - (x_p \text{sen } \bar{\Lambda} + y_p \cos \bar{\Lambda}) \text{tag } \bar{\Phi} \end{aligned} \quad (1.1.4)$$

siendo (x_p, y_p) las coordenadas del polo de rotación instantáneo respecto al polo O.C.I. en el momento de la observación.

Por otra parte el S.R. astronómico local depende del punto de observación, es decir de la equipotencial que pasa por dicho punto. Este problema se resuelve definiendo una superficie de referencia única a la que reducir las observaciones efectuadas en la superficie terrestre. Esta superficie es el elipsoide de referencia y en el caso en que no se conozca la ondulación del geoide se toma como superficie de referencia la del geoide que se define como la equipotencial de cota cero coincidente con el nivel medio del mar. Una aproximación de esta corrección es

$$\bar{\phi}_{P_0} = \bar{\phi}_P - 0.00017 h \text{ sen } 2\bar{\phi}_P$$

$$\Lambda_{P_0} = \Lambda_P$$

siendo h la altitud del punto en metros, P_0 el punto correspondiente a P en la superficie de referencia.

Los métodos de astronomía geodésica permiten determinar las cantidades $\bar{\phi}$, Λ para cualquier punto de la superficie terrestre (Sevilla, M.J. y Núñez, A. 1979 y 1980). Tradicionalmente se utilizan en España tanto para primer como para segundo orden los métodos de Sterneck y Mayer para la determinación de latitud y longitud descritos en las publicaciones anteriores con los correspondientes programas de cálculo automático y que en la actualidad son los empleados en el I.G.N. para el cálculo de latitud y longitud. La precisión en la determinación de estas coordenadas varía entre 0.3 y 0.4 segundos para primer orden y 0.5 a 0.8 para segundo orden, siendo 1 segundo la cota de error establecida internacionalmente para la determinación de estas cantidades.

Antes de definir las coordenadas geodésicas se va a introducir a continuación la idea de DATUM geodésico. Se ha hablado de superficie terrestre y geoide como superficies fundamentales donde se realizan las observaciones la primera y como superficie matemática y física para reducir estas cantidades observadas la segunda. Ahora bien, la superficie del geoide no tiene una expresión matemática sencilla y por tanto el realizar los cálculos geodésicos ya de por sí laboriosos y complicados en una superficie de geometría también complicada no es aconsejable. La solución que da la geodesia es sustituir como superficie de referen-

cia la del geoide por un elipsoide de revolución cuya expresión analítica y geometría es elemental. Para establecer un elipsoide como superficie de referencia es necesario especificar su forma, dimensiones y su posición en el espacio respecto de la Tierra real. La forma se especifica mediante dos parámetros que pueden ser la excentricidad e^2 y el semieje mayor a . La posición en el espacio respecto de la Tierra real se hace tradicionalmente de la siguiente manera: en un punto de la superficie terrestre se dan las componentes de la desviación de la vertical y la ondulación del geoide, es decir, el ángulo que forman la vertical geodésica (normal al elipsoide de referencia que pasa por el punto) y la vertical astronómica, y la distancia de separación entre el geoide y el elipsoide medida a lo largo de la línea de la plomada o de la normal al elipsoide, dependiendo del tipo de proyección que se utilice. De esta forma la posición en el espacio del elipsoide de referencia queda determinada al conocer su posición respecto a una superficie (geoide) que se supone fija.

Tomando un elipsoide de referencia se puede introducir un S.R. euclídeo de la siguiente forma: el punto origen O' del sistema es el centro del elipsoide, el vector unitario U_3' el eje de rotación del elipsoide, el vector U_1' en el plano del ecuador geodésico y el meridiano origen y el vector U_2' ortogonal a los anteriores y dirigido hacia el Este. En la actualidad, debido a las nuevas técnicas de observación a satélites es posible relacionar el S.R. geodésico (O', U') con los S.R. geocéntricos utilizados por la geodesia espacial y por tanto referir las triangulaciones clásicas a un DATUM geocéntrico global según veremos en el capítulo siguiente.

1.2.- Desviaciones de la vertical.

En este apartado se va a introducir el concepto de desviación de la vertical vía astrogeodésica, considerando que las coordenadas astronómicas están reducidas a la superficie del geoide.

Se define la desviación relativa de la vertical en un punto P de la superficie del geoide o elipsoide (dependiendo de la altura dada en la corrección 1.1.4), θ_p , como el ángulo que forman la normal al elipsoide de referencia que pasa por P y la vertical astronómica en dicho punto.

Según esta definición θ_p depende del DATUM por una parte y por otra parte de la triangulación del territorio en cuestión, es decir de las coordenadas geodésicas y por tanto locales. Este hecho es importante debido a los sistematismos que se producen en las redes clásicas de triangulación y que evidentemente tienen importancia en la precisión de la determinación de la desviación de la vertical. Discutiremos este problema en el apartado 2 del capítulo 3. Por otra parte la desviación relativa de la vertical depende evidentemente de la vertical astronómica, que tradicionalmente se determina por métodos de astronomía geodésica.

La desviación relativa de la vertical θ_p puede proyectarse según dos planos dando lugar a dos componentes, denominándose componente de la desviación de la vertical, ξ_p , según el meridiano a la proyección del ángulo θ_p sobre el meridiano que pasa por el punto P y se denomina componente de la desviación de la vertical según el primer vertical, η_p , a la proyección del ángulo θ_p en el primer vertical del punto P. Se miden positivas hacia el sur y oeste respectivamente.

En aproximación de primer orden las componentes de la desviación de la vertical pueden escribirse (Sevilla, M.J. 1975)

$$\begin{aligned}\xi_P &= \bar{\xi}_P - \eta_P \\ \eta_P &= (\Lambda_P - \lambda_P) \cos \varphi_P\end{aligned}\tag{1.2.1}$$

con P en la superficie de referencia.

Los acimutes geodésico y astronómico de una dirección PQ, α_{PQ} y A_{PQ} están relacionados por la ecuación

$$\begin{aligned}A_{PQ} - \alpha_{PQ} &= (\Lambda_P - \lambda_P) \sin \varphi_P + \\ &+ (\xi_P \sin A_{PQ} - \eta_P \cos A_{PQ}) \operatorname{ctg} Z_{PQ}\end{aligned}\tag{1.2.2}$$

y puesto que las componentes de la desviación de la vertical son cantidades de primer orden y en las redes fundamentales la distancia cenital Z es normalmente próxima a 90º el segundo término de (1.2.2) suele despreciarse, obteniéndose la ecuación de Laplace simplificada

$$A_{PQ} - \alpha_{PQ} = (\Lambda_P - \lambda_P) \sin \varphi_P\tag{1.2.3}$$

La aproximación anterior, esto es, el hecho de despreciar la influencia de la desviación de la vertical en la medida de ángulos horizontales en las redes fundamentales es un tema importante que discutiremos en el capítulo octavo con números concretos trabajando sobre la red fundamental de Portugal.

1.3.- Ondulaciones del geode.

Se denomina ondulación del geode en un punto P a la distancia entre la superficie del geode y del elipsoide de referencia medida a lo largo de la normal al elipsoide que pasa por dicho

punto. Según esta definición la altitud de un punto sobre el elipsoide de referencia se compone de dos partes (definición tipo Helmert), por un lado la altitud del punto sobre la superficie del geoide H_p y por otro la ondulación del geoide N_p , esto es,

$$h_p = H_p + N_p \quad (1.3.1)$$

La altitud del punto sobre el geoide se obtiene por nivelación geométrica o trigonométrica combinada con medidas de gravedad siendo por tanto una cantidad observable.

Las modernas técnicas de observación a satélites permiten determinar las coordenadas cartesianas del lugar de observación (X, Y, Z) y por tanto mediante las ecuaciones (1.2.1) las coordenadas geodésicas (φ, λ, h) respecto del S.R. de satélites. Conocida la cota ortométrica H_p se puede determinar la separación geoide-elipsoide, esto es la ondulación del geoide respecto del S.R. de satélites. Luego, la utilización de esta información obtenida por observación a satélites para fines clásicos hace imprescindible el conocimiento de la transformación entre ambos S.R., tema que discutiremos en el siguiente capítulo.

CAPITULO 2

ENLACE DE SISTEMAS DE REFERENCIA GEODESICOS.

2.1.- Modelos matemáticos.

Haremos las siguientes hipótesis de partida: el espacio de interés geodésico es euclídeo y por tanto un S.R. es un par (O, U) , tal que O es el origen del sistema y U es un triedro ortonormal dependiendo de un solo parámetro.

Llamemos sistema de referencia terrestre convencional S.R.T. C. al dado por (O, U) , siendo O el centro de masas terrestre y U definido por: U_3 en sentido positivo hacia el norte y paralelo al eje convencional de rotación terrestre, U_1 en el plano del ecuador convencional y del meridiano origen, U_2 ortogonal a los anteriores y en sentido positivo hacia el este. Al lado de estos sistemas consideraremos los sistemas de referencia de la geodesia clásica S.R.G. de la forma: Sea (O', U') definido por: el origen O' en el centro del elipsoide de referencia y el triedro U' por, U'_3 en el eje de rotación del elipsoide y en sentido positivo hacia el norte, U'_1 en el plano del ecuador geodésico y del meridiano origen y U'_2 ortogonal a los anteriores y en sentido positivo hacia el este. El S.R.G. se supone fijo con respecto al S.R.T.M. (sistema de referencia terrestre medio) lo que requiere la hipótesis de rigidez de la Tierra.

Enunciadas las hipótesis necesarias y el marco geométrico donde nos vamos a mover, espacio euclídeo tridimensional, se formulan los distintos casos de combinación de S.R.. De un conjunto de puntos P_i , $i=1, \dots, n$, se conocen las coordenadas respecto de dos S.R. distintos, pudiéndose dar varios casos dependiendo del

origen de las coordenadas. Los casos que vamos a tratar son,

- a.- dos S.R.G. distintos
- b.- S.R. de satélites y geodésico
- c.- dos S.R. de satélites.

No hemos hablado de S.R. de satélites puesto que este tema desborda el contenido de esta memoria y en realidad para fines prácticos de utilización para geodesia clásica no es necesario. Digamos que la observación a satélites por técnicas Doppler permiten la determinación de las coordenadas del centro receptor del instrumento respecto de un S.R. casi geocéntrico y cuyos ejes cumplen ciertas propiedades de tipo dinámico. Así se tiene que en general los S.R. de satélites y clásicos geodésicos no son coincidentes, y el problema que se plantea es determinar los parámetros que relacionan ambos S.R. con un cierto orden de precisión que dependerá evidentemente de la precisión de las coordenadas que estemos comparando.

El caso (a) se presenta cuando se tienen dos tipos de coordenadas geodésicas obtenidas por cálculos efectuados en DATUMS distintos y también pueden provenir de distintos métodos de cálculo (Martínez, F.M. y Núñez, A. 1981). El tratamiento riguroso del problema no es sencillo, puesto que en general las coordenadas de ambos S.R. no son homogéneas entre sí, en otras palabras, sus precisiones no han de coincidir necesariamente. En la mayoría de los casos esto se da cuando se intentan comparar redes antiguas con redes más modernas. Por otra parte el conocimiento de la altimetría suele ser bastante pobre, lo que obliga a plantear el problema en dos dimensiones y en coordenadas geodésicas. En el

apéndice 1 se dan las fórmulas correspondientes de cambio de S.R. y de elipsoide en el espacio tridimensional y en coordenadas geodésicas.

El caso (b) es de fundamental importancia en el control de redes geodésicas por datos obtenidos por observación a satélites. Las coordenadas obtenidas por técnicas de satélites tienen una interesante propiedad desde el punto de vista de la geodesia geométrica, son homogéneas y están referidas a un S.R. único, y por ejemplo si se utiliza la técnica del punto aislado son independientes. Esto no sucede en las redes geodésicas clásicas observadas por métodos tradicionales, debido a los sistematismos y a la propagación de errores tanto en escala como en orientación, debido sobre todo a una deficiente reducción de las observaciones efectuadas en la superficie de la Tierra al elipsoide de referencia, por falta de una buena información sobre la desviación de la vertical y la ondulación del geoide. En el tema que nos ocupa de determinación del geoide, la información de satélites es fundamental para zonas extensas, puesto que para distancias mayores de 300 kms la precisión de los métodos espaciales (del orden de 1 a 2 metros) en la determinación de la ondulación del geoide es mayor que la dada por los métodos puramente astrogeodésicos.

Por último el caso (c) es muy frecuente pues se han utilizado distintos S.R. de satélites para la reducción y cálculo de las observaciones. En España se tienen coordenadas en el sistema NWL9D (reducidas con efemérides precisas) y en el sistema WGS72 (reducidas con efemérides transmitidas). Este caso es el de tratamiento más sencillo puesto que se puede suponer el modelo libre de siste-

matismos. Estos dos casos han sido tratados para los datos de la red de orden cero Doppler que tiene España (Núñez, A. y Regidor, J. 1981 y Núñez, A. Bada, A. 1983).

Se discuten a continuación los modelos más tratados en la literatura geodésica.

Modelo de Bursa-Wolf.

El modelo de Bursa-Wolf relaciona dos conjuntos de coordenadas tridimensionales tratadas como observables. Las incógnitas son una traslación (X_0, Y_0, Z_0) , una rotación de componentes $(\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$ y un cambio de escala dL . Por tanto se supone que se puede pasar de un S.R. al otro por una transformación tipo Helmert, es decir una transformación de similitud. El problema en general no es lineal, pero suponiendo que las cantidades incógnita son de primer orden y utilizando el desarrollo de Taylor en el punto

$$X_0 = Y_0 = Z_0 = \epsilon_x = \epsilon_y = \epsilon_z = dL = 0$$

se linealiza el problema, obteniéndose la relación entre los dos sistemas por

$$\begin{pmatrix} X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{pmatrix} + (1 + dL) \begin{pmatrix} 1 & -\epsilon_z & \epsilon_y \\ \epsilon_z & 1 & -\epsilon_x \\ -\epsilon_y & \epsilon_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} \quad (2.1.1)$$

siendo (X_1, Y_1, Z_1) y (X_2, Y_2, Z_2) las coordenadas cartesianas del mismo punto respecto a los dos S.R.. Conociéndose las coordenadas en un conjunto de n puntos en ambos sistemas, se puede plantear un sistema lineal de $3n$ ecuaciones y 7 incógnitas de la forma

$$A_i \underline{x} - t_i = v_i, \quad i=1, \dots, n \quad (2.1.2)$$

siendo

$$A_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & z_1^{(i)} & -y_1^{(i)} & x_1^{(i)} \\ 0 & 1 & 0 & -z_1^{(i)} & 0 & x_1^{(i)} & y_1^{(i)} \\ 0 & 0 & 1 & y_1^{(i)} & -x_1^{(i)} & 0 & x_1^{(i)} \end{pmatrix} \quad i=1, \dots, n$$

$$\begin{aligned} \underline{x} &= (x_0, y_0, z_0, \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, dL) \\ t_i &= (x_2^{(i)} - x_1^{(i)}, y_2^{(i)} - y_1^{(i)}, z_2^{(i)} - z_1^{(i)}) \quad i=1, \dots, n \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

o en forma más compacta

$$A \underline{x} - \underline{t} = \underline{v} \quad (2.1.4)$$

siendo A la matriz de configuración del ajuste, \underline{x} el vector de incógnitas, \underline{t} el vector de observaciones y \underline{v} el vector de residuos. La solución mínimos cuadrados supuesta A de rango completo es según el apéndice tres

$$\begin{aligned} \hat{\underline{x}} &= (A^T P A)^{-1} A^T P \underline{t} \\ \hat{\underline{v}} &= A \hat{\underline{x}} - \underline{t} \\ \hat{s}^2 &= \hat{\underline{v}}^T P \hat{\underline{v}} / (3n-7) \\ C_{\hat{\underline{x}}\hat{\underline{x}}} &= \hat{s}^2 (A^T P A)^{-1} \\ C_{\hat{\underline{t}}\hat{\underline{t}}} &= A C_{\hat{\underline{x}}\hat{\underline{x}}} A^T \\ C_{\hat{\underline{v}}\hat{\underline{v}}} &= Q - C_{\hat{\underline{t}}\hat{\underline{t}}}, \quad Q = P^{-1} \end{aligned}$$

siendo P la matriz de pesos de las observaciones, $\hat{\underline{x}}$ la estimación del vector de incógnitas \underline{x} mínimos cuadrados, $\hat{\underline{v}}$ el vector de

residuos estimados, \hat{s}^2 la estimación de la varianza de peso unidad $C_{\hat{x}\hat{x}}$ la matriz de varianzas-covarianzas de la estimación de las incógnitas, $C_{\hat{t}\hat{t}}$ la matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones y $C_{\hat{v}\hat{v}}$ la matriz de varianzas-covarianzas de los residuos.

Modelo de Badekas-Molodenskii.

El modelo de Badekas-Molodenskii (Krawinsky, E.J. y Thomson, D. B. 1974) se presenta en dos versiones que se diferencian en la elección del origen del S.R.

El vector de posición de un punto arbitrario del conjunto de puntos dato se sustituye por la suma del vector de posición de un punto inicial k, dado a priori, con respecto al origen del S.R., y el vector de posición del punto arbitrario i con respecto al punto k.

El modelo matemático se puede escribir

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} + (1 + dL) \begin{pmatrix} 1 & -\xi_z & \xi_y \\ \xi_z & 1 & -\xi_x \\ -\xi_y & \xi_x & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 - x_k \\ y_1 - y_k \\ z_1 - z_k \end{pmatrix} \quad (2.1.5)$$

Eliminando términos de segundo orden se tiene,

$$\begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} dL & -\xi_z & \xi_y \\ \xi_z & dL & -\xi_x \\ -\xi_y & \xi_x & dL \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 - x_k \\ y_1 - y_k \\ z_1 - z_k \end{pmatrix} \quad (2.1.6)$$

siendo (x_k, y_k, z_k) las coordenadas del punto inicial k.

La matriz A_i será en este caso

$$A_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & z_{ki} & -y_{ki} & x_{ki} \\ 0 & 1 & 0 & -z_{ki} & 0 & x_{ki} & y_{ki} \\ 0 & 0 & 1 & y_{ki} - x_{ki} & 0 & 0 & z_{ki} \end{pmatrix} \quad (2.1.7)$$

$$t_i = (x_2^{(i)} - x_1^{(i)}, y_2^{(i)} - y_1^{(i)}, z_2^{(i)} - z_1^{(i)})$$

$$\underline{x} = (x_0, y_0, z_0, \epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z, dL)$$

siendo

$$(x_{ki}, y_{ki}, z_{ki}) = (x_1^{(i)} - x_1^{(k)}, y_1^{(i)} - y_1^{(k)}, z_1^{(i)} - z_1^{(k)})$$

el vector de posición de un punto arbitrario i respecto al punto k .

La segunda versión de este modelo se diferencia de la expuesta en que el punto k en vez de ser arbitrario se toma como el baricentro de los puntos dato, es decir

$$x_k = \sum x_i / n, \quad y_k = \sum y_i / n, \quad z_k = \sum z_i / n$$

Al igual que antes se puede escribir en forma compacta

$$A \underline{x} - \underline{t} = \underline{v}$$

siendo A la matriz de configuración del ajuste, \underline{x} el vector de parámetros incógnita a estimar, \underline{t} el vector de observaciones y \underline{v} el vector de residuos. La estimación por mínimos cuadrados coincide con la anterior.

Cuando los puntos dato están distribuidos en una zona pequeña de la Tierra en comparación con las dimensiones de esta, el modelo

de Bursa-Wolf presenta problemas de mal condicionamiento en la matriz normal ($A^T P A$). Este problema se obvia en el modelo de Badekas-Molodenskii al trasladar el origen del S.R. al punto k, centro de gravedad de los puntos dato (Mueller, I.I. 1974 y Badekas, J. 1969).

2.2.- Estimación de los parámetros de transformación.

En cualquiera de los dos modelos anteriores las relaciones de observación se pueden escribir en la forma matricial

$$A \underline{x} - \underline{t} = \underline{v} \quad (2.2.1)$$

siendo A la matriz de configuración o diseño, \underline{x} el vector de parámetros incógnitas, \underline{t} el vector de observaciones y \underline{v} el vector de residuales. El primer problema que se presenta es que las cantidades observadas, es decir, coordenadas geodésicas y de satélites no se ajustan estrictamente al modelo de Gauss-Markov, puesto que si bien las coordenadas obtenidas por observación a satélites se pueden suponer solamente afectadas por errores aleatorios (tampoco es rigurosamente cierto pues existen errores sistemáticos tanto en la determinación de la órbita del satélite como en las correcciones atmosféricas), no sucede lo mismo con las coordenadas geodésicas procedentes de la triangulación, afectadas de sistematismos que se propagan a lo largo de la red en forma no conocida, salvo estimaciones empíricas o con hipótesis muy restrictivas (Meissl, P. 1974 y Borre, K. Meissl, P. 1974), que distorsionan la red. Este problema puede tratarse, al menos teóricamente con modelos matemáticos del tipo colocación y mínimos cuadrados (Moritz, H. 1982).

Consideremos por tanto el modelo (2.2.1) que se supone que verifica $E(\underline{v}) = 0$ y $cov(\underline{v}) = Q \sigma^2$, siendo $E(\)$ la esperanza mate-

mática de () y cov() el operador de covarianza de (), Q la matriz cofactor de las observaciones y σ^2 la varianza de peso unidad

Sea P la matriz de pesos de las observaciones ($P = Q^{-1}$), entonces suponiendo la matriz normal $N = (A^T P A)$ no singular se tiene según el apéndice 3 los siguientes resultados.

La estimación mínimos cuadrados del vector de parámetros incógnita es

$$\hat{x} = (A^T P A)^{-1} A^T P t \quad (2.2.2)$$

El vector de residuos de la estimación

$$\hat{v} = A \hat{x} - t \quad (2.2.3)$$

La estimación de la varianza de peso unidad

$$s^2 = (\hat{v}^T P \hat{v}) / (3n-7) \quad (2.2.4)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de la estimación \hat{x}

$$C_{\hat{x}\hat{x}} = s^2 (A^T P A)^{-1} \quad (2.2.5)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones

$$C_{\hat{t}\hat{t}} = A C_{xx} A^T \quad (2.2.6)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de los residuos

$$C_{\hat{v}\hat{v}} = Q - C_{\hat{t}\hat{t}} \quad (2.2.7)$$

En la matriz Q se postulan las precisiones a priori de las coordenadas geodésicas y de satélites. La determinación de las coordenadas de un punto X,Y,Z por posicionamiento Doppler por la técnica del punto aislado permite el cálculo de la matriz de varianzas-covarianzas de estas coordenadas. Ahora bien, esta matriz depende del número de pasos tomados en la observación al satélite o satélites, siendo los errores más pequeños según vaya creciendo el número de pasos útiles. Esto evidentemente no es

cierto, puest que existen errores sistemáticos tanto en la determinación de la órbita como en las correcciones atmosféricas que no se ponen en evidencia en el cálculo. Para observaciones reducidas con efemérides de precisión se puede suponer, y la experiencia lo corrobora, que la precisión en la determinación de las coordenadas X,Y,Z no es nunca inferior a 1 metro. En cuanto a las coordenadas geodésicas el problema es más complicado por dos razones fundamentales, la primera es que la precisión de las coordenadas de una red geodésica depende de la distribución de los puntos fijos, relacionandose las distintas matrices de varianza-covarianza por S-transformaciones (Baarda,W,1975) y segundo que para grandes redes de carácter nacional o continental la obtención de la matriz de varianzas-covarianzas de las incógnitas del ajuste no es un problema sencillo, pues matemáticamente se traduce en la inversión de matrices de miles de filas y columnas, lo que hasta hace poco tiempo era una labor imposible. En la actualidad con la ayuda de grandes ordenadores y potentes paquetes de software de compensación de redes como el que aquí vamos a describir en los capítulos ocho y nueve esto es posible.

En el caso de nuestro país se han obtenido por estas técnicas los parámetros de transformación entre los sistemas Struve-Hayford (RE50), RE50-ED79, RE50-WGS72, RE50-NWL9D, ED79-WGS72, ED79-NWL9D y WGS72-NWL9D (Núñez,A.1981, Núñez,A. 1983, Núñez,A. 1984 y Núñez,A. 1985) presentándose los resultados en las Asambleas Nacionales de Geodesia y Geofísica de los años 1981 y 1983 y en los symposium de la Subcomisión RETrig de 1984 y 1985.

CAPITULO 3

DETERMINACION DEL GEOIDE POR EL METODO DE HELMERT.

3.1.- Método de Helmert. Aproximación lineal.

Consideremos una serie de puntos dato $P_i, i=1, \dots, n$, donde se han determinado la latitud y longitud astronómicas y en donde se conoce también las coordenadas geodésicas y por tanto las componentes de la desviación relativa de la vertical $(\xi_i, \eta_i), i=1, \dots, n$

Para una dirección dada por el acimut α en un punto P donde las componentes de la desviación de la vertical son (ξ, η) , la desviación de la vertical según la dirección definida por el acimut α es

$$\theta_\alpha = \xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha \quad (3.1.1)$$

Se supondrá que se han efectuado las correspondientes correcciones a las observaciones astronómicas efectuadas sobre la superficie de la Tierra, según se ha establecido en el capítulo 1.

Sean P_i y P_{i+1} dos puntos en el geoide (en general en la superficie de referencia utilizada para las correcciones) y ds el elemento de arco de la línea geodésica que une ambos puntos. La diferencia en ondulación del geoide entre estos puntos viene dada por (Heiskanen, W.A. Moritz, H. 1965)

$$N_{i+1} - N_i = - \int_{P_i}^{P_{i+1}} \theta_\alpha ds \quad (3.1.2)$$

y llamando γ al segmento de línea geodésica que une P_i y P_{i+1} tomando como parámetro de la curva la longitud de arco, la expresión (3.1.2) puede escribirse

$$N_{i+1} - N_i = \Delta N_i = - \int_r \theta_{\alpha}(s) ds \quad (3.1.3)$$

La ecuación (3.1.3) sólo permite la determinación de diferencias de ondulación y por tanto para la determinación de ondulaciones del geode se ha de tener el valor de la ondulación en al menos un punto de los puntos dato. Dicho en otras palabras, conociéndose únicamente valores de la desviación de la vertical, no es posible determinar ondulaciones del geode (es el mismo caso que se da en redes de nivelación), sino diferencias de ondulación.

Puesto que $\theta_{\alpha} = \theta_{\alpha}(s)$ solamente se conoce en un número discreto de puntos del perfil entre los puntos P_1 y P_n , la integración ha de hacerse de forma aproximada, es decir por métodos numéricos. El método clásico en la literatura geodésica es la aproximación lineal de Helmert para la evaluación de la integral

$$- \int_r \theta(s) ds = - \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \Delta s_i \quad (3.1.4)$$

siendo Δs_i la distancia entre los puntos P_i y P_{i+1} .

Sean los puntos P_i dispuestos a lo largo de un perfil y denominemos $P_1=A$ y $P_n=B$ los puntos inicial y final del perfil. La diferencia de ondulación entre los puntos A y B es

$$\begin{aligned} N_B - N_A &= - \sum_{i=1}^{n-1} \int_{P_i}^{P_{i+1}} \theta_{\alpha}(s) ds = \\ &= - \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} \Delta s_i \end{aligned}$$

y suponiendo la ondulación del geode conocida en el punto A, la ondulación del geode en otro punto cualquiera k del perfil viene dada por

$$N_k = N_A - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{\theta_{i+1}^{(i+1)} \theta_{i+1}^{(i)}}{2} \Delta s_i \quad k=2, \dots, n \quad (3.1.5)$$

siendo

$$\begin{aligned} \theta_i^{(i+1)} &= (\bar{\varphi}_i - \varphi_i) \cos \alpha_{i,i+1} + (\Lambda_i - \lambda_i) \cos \varphi_i \sin \alpha_{i,i+1} \\ \theta_{i+1}^{(i)} &= (\bar{\varphi}_{i+1} - \varphi_{i+1}) \cos \alpha_{i+1,i} + (\Lambda_{i+1} - \lambda_{i+1}) \cos \varphi_{i+1} \sin \alpha_{i+1,i} \end{aligned}$$

donde $\alpha_{i,i+1}$ es el acimut de la dirección $P_i P_{i+1}$ en P_i y $\alpha_{i+1,i}$ de la misma dirección en P_{i+1} , $(\bar{\varphi}_i, \Lambda_i)$ las coordenadas astronómicas del punto P_i y $(\bar{\varphi}_{i+1}, \Lambda_{i+1})$ del punto P_{i+1} , (φ_i, λ_i) y $(\varphi_{i+1}, \lambda_{i+1})$ las coordenadas geodésicas de los puntos P_i y P_{i+1} .

La aplicación clásica del método de Helmert se suele hacer a lo largo de perfiles situados sobre meridianos y paralelos. Así a lo largo de un meridiano tendríamos ($\sin \alpha_i = 0$, $\cos \alpha_i = 1$) y por tanto

$$N_k = N_A - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(\bar{\varphi}_{i+1} + \bar{\varphi}_i) - (\varphi_{i+1} + \varphi_i)}{2} \Delta s_i, \quad k=2, \dots, n$$

y a lo largo de un paralelo de latitud φ ($\cos \alpha_i = 0$, $\sin \alpha_i = 1$) y por tanto

$$N_k = N_A - \sum_{i=1}^{k-1} \frac{(\Lambda_{i+1} + \Lambda_i) - (\lambda_{i+1} + \lambda_i)}{2} \cos \varphi \Delta s_i, \quad k=2, \dots, n$$

El modelo ideal y que ha sido seguido en algunos países de gran extensión como Rusia (Zakatov, P.S., 1975) es hacer determinaciones astronómicas sobre una malla de meridianos y paralelos para una posterior compensación de los distintos itinerarios seguidos por mínimos cuadrados.

3.2.- Estudio de errores en el método de Helmert.

En cuanto al estudio de errores propios del método de Helmert se dan unas breves indicaciones, puesto que ha sido tratado extensamente en (Sevilla, M. I. y Núñez, A. 1979).

Existen fundamentalmente tres fuentes de error

- a.- Los debidos a las observaciones astronómicas
- b.- Los debidos a las coordenadas geodésicas procedentes de la triangulación.
- c.- El error de truncamiento de la fórmula de integración numérica utilizada.

Evidentemente entre estos tipos de error y en una aproximación que para nosotros es suficiente, los dos primeros pueden considerarse de carácter aleatorio, siempre que la reducción de las coordenadas astronómicas sea correcta, mientras que los del tipo (c) son sistemáticos.

Empecemos tratando los dos primeros. Sea σ la desviación típica y supongamos que los errores en la determinación de la vertical son incorrelados punto a punto, por la ley de propagación de la varianza se tiene que

$$\sigma^2(\Delta N) = \int_{P_i}^{P_{i+1}} \sigma^2(\theta_s) ds \quad (3.2.1)$$

Ahora bien, se puede suponer que los errores en distancia y acimut al multiplicarse por las componentes de la desviación de la vertical que son cantidades de primer orden pueden despreciarse, y por otra parte, para redes modernas los errores en la determinación de las coordenadas geodésicas son despreciables frente al

error en la determinación de las coordenadas astronómicas. Así en la red de primer orden de Portugal según se demuestra en el capítulo octavo las elipses de error absolutas en la determinación de las coordenadas son como máximo de 1 metro, esto es del orden de 0"03, que comparados con el error en la determinación de las coordenadas astronómicas de segundo orden de 0"6 a 1"0 es despreciable. Por tanto se puede escribir que

$$\sigma(\varphi_i) = (\sigma_{\varphi}^2 \cos^2 \varphi_i + \sigma_{\lambda}^2 \sin^2 \varphi_i \cos^2 \varphi_i)^{1/2}$$

siendo σ_{φ}^2 y σ_{λ}^2 las varianzas de las determinaciones astronómicas de latitud y longitud.

Aplicando la fórmula de integración del trapecio a (3.2.1) obtenemos que la varianza a lo largo del perfil de la ondulación del geoide es (Sevilla, J.M. y Núñez, A. 1979)

$$\sigma_{\Delta N}^2 = \sum_{i=1}^{n-1} 1/2 (\cos^2 \varphi_i \sigma_{\varphi}^2 + \cos^2 \varphi_i \sin^2 \varphi_i \sigma_{\lambda}^2) \Delta s_i^2 \quad (3.2.2)$$

Para un perfil a lo largo de un paralelo, es decir $\varphi = \text{cte}$, y $\sin \varphi_i = 1$, $\cos \varphi_i = 0$, tenemos

$$\sigma_{\Delta N}^2 = 1/2 (n-1) \Delta s^2 \cos^2 \varphi \sigma_{\lambda}^2$$

suponiendo que las distancias que separan los puntos del perfil son similares e iguales a Δs y por tanto el error medio cuadrático en la determinación de la ondulación del geoide es

$$\sigma_{\Delta N} = \sqrt{\frac{(n-1)}{2}} \Delta s \cos \varphi \sigma_{\lambda}$$

y multiplicando y dividiendo por $(n-1)$ obtenemos

$$\sigma_{\Delta N} = \frac{s \cos \varphi \sigma_{\lambda}}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (3.2.3)$$

De la misma forma a lo largo de un meridiano se tiene

$$\sigma_{\Delta N} = \frac{s \sigma_{\varphi}}{\sqrt{2(n-1)}} \quad (3.2.4)$$

y a lo largo de una línea cualquiera

$$\sigma_{\Delta N} = \frac{s}{2\sqrt{2(n-1)}} (\cos^2 \varphi \sigma_{\lambda}^2 + \sigma_{\varphi}^2)^{1/2} \quad (3.2.5)$$

De gran importancia en este método es el error cometido en la interpolación introducida en el cálculo numérico de la integral (3.1.2). El error de truncamiento de la fórmula del trapecio es (Ralston, A. 1970)

$$E_i = \pm \frac{\Delta s_i^3}{12} \left(\frac{d^2 \theta}{ds^2} \right)_i \text{ senl}'' \quad (3.2.6)$$

para el intervalo de integración (P_i, P_{i+1}) , pudiendose dar una acotación del error entre los puntos extremos A y B por

$$E(\text{metros}) < s \delta \theta \text{ senl}'' / 6 \quad (3.2.7)$$

siendo

$$\delta \theta = \max_{x \in (A, B)} \left| \frac{d^2 \theta(x)}{ds^2} \right| \frac{\Delta s^2}{2} \quad (3.2.8)$$

El cálculo aproximado de $\delta \theta$ se puede efectuar de la siguiente

manera. Sean P_{i-1}, P_i, P_{i+1} tres puntos consecutivos del perfil, entonces

$$\frac{\theta_{i-1} + \theta_{i+1}}{2} - \theta_i = \left(\frac{d^2\theta}{ds^2} \right)_i \Delta s^2/2 = \delta\theta_i$$

y considerar

$$\delta\theta = \max_{P_i \in (A,B)} |\delta\theta(P_i)|$$

siendo P_i un punto del perfil.

En cuanto a los errores sistemáticos en las coordenadas geodésicas (φ, λ) vamos a decir unas breves palabras. En redes geodésicas tipo Portugal de extraordinaria calidad y recientemente reobservada, con control en orientación y en escala más que aceptable, la presencia de posibles errores sistemáticos que perturben las coordenadas geodésicas resultantes de la compensación es despreciable para fines de determinación de geoide, puesto que a lo sumo pueden llegar a valores del orden del metro frente a los 15-30 metros en las coordenadas astronómicas.

En cuanto a los errores sistemáticos en la determinación de las coordenadas astronómicas diremos que su detección no es sencilla, pero con los equipos de observación actuales en la medida del tiempo y una cuidadosa preparación de la observación estos pueden minimizarse en gran manera. Los tres factores más importantes son la refracción anómala imposible de controlar, la ecuación personal del observador que debe determinarse antes de cualquier campaña de astronomía y los sistematismos propios de los aparatos de observación que con una buena contrastación antes de cada campaña pueden prácticamente eliminarse.

En los trabajos de Rice, 1962 en Estados Unidos se da una acotación del error introducido por estos sistematismos en la determinación de la ondulación del geoide para observaciones astronómicas de segundo orden del tipo

$$E(\text{metros}) < 0.034 \sqrt{S}$$

para una longitud total de línea astrogeodésica de S kms y estaciones espaciadas 22 kms.

Suponiendo que el error sistemático en las determinaciones astronómicas se puede acotar por

$$\sigma_{\phi}^2 < x \quad \sigma_{\lambda}^2 < y$$

y recordando la expresión (3.2.5) se puede escribir

$$\sigma_{\Delta N} < \frac{S}{2 \sqrt{2(n-1)}} (\cos^2 \varphi y + x)^{1/2}$$

En todo este capítulo se han supuesto las observaciones astronómicas reducidas al geoide, lo que supone el conocimiento de los gradientes de la gravedad en la línea (Sevilla M.J., 1975). Esta corrección para zonas montañosas es importante, pudiendo llegar a ser del orden de 1", lo que para lados de 25 kms introduce un error de 0.15 metros en la determinación de la diferencia de ondulación del geoide entre los puntos del lado en cuestión.

Por tanto la exactitud en la determinación del geoide astrogeodésico por el método de Helmert depende de cuatro problemas diferentes.

a.- Exactitud en las determinaciones astronómicas de latitud y longitud.

- b.- Espaciamiento de las estaciones, dependiendo de la variación de las componentes (ξ, η) en los puntos del perfil.
- c.- De los valores de la curvatura de la línea de la plomada, necesarios para efectuar una correcta reducción de las coordenadas astronómicas al geode.
- d.- Error de truncamiento de la aproximación lineal.

3.3.- Compensación en el método de Helmert.

En este apartado vamos a discutir brevemente la compensación de una línea de nivelación astrogeodésica, puesto que profundizaremos en el tema en el capítulo siguiente.

Las relaciones de observación se pueden escribir en la forma

$$N_{i+1} - N_i = -(\theta_{i+1} + \theta_i) \Delta s_i / 2 + v_i = l_i + v_i \quad (3.3.1)$$

$i=2, \dots, n-2$

$$N_2 = N_1 + l_1 + v_1$$

$$-N_{n-1} = -N_n + l_{n-1} + v_{n-1}$$

N_1 = ondulación del geode en el punto 1 conocida

N_n = ondulación del geode en el punto n conocida

v_i = residuo de la i-ésima observación.

Por tanto se puede plantear las relaciones de observación en forma matricial,

$$A \underline{x} - \underline{t} = \underline{v} \quad (3.3.2)$$

siendo A una matriz $(n-1, n-2)$ denominada matriz de configuración o de diseño del ajuste de la forma,

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots\dots\dots 0 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & \dots\dots\dots 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & \dots\dots\dots 0 \\ & & & & \dots\dots\dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots\dots\dots -1 \end{pmatrix}$$

y los vectores \underline{x} y \underline{t} dados por

$$\underline{x} = (N_2, \dots\dots\dots, N_{n-1})$$

$$\underline{t} = (N_1 + l_1, l_2, \dots\dots\dots, l_{n-2}, -N_n + l_{n-1})^T$$

y \underline{v} es el vector de residuales.

A pesar de no existir sobreabundancia de observaciones, puesto que se tienen (n-1) observaciones y (n-2) incógnitas, se puede utilizar el método de mínimos cuadrados a fines prácticos de determinar el cierre de la línea de nivelación astrogeodésica.

La solución de mínimos cuadrados es

$$\hat{\underline{x}} = (A^T P A)^{-1} A^T P \underline{t}$$

siendo P la matriz de pesos de las observaciones, que según discutimos en el siguiente capítulo se puede suponer,

- a.- $P = I$, siendo I la matriz identidad
- b.- $P = 1/\Delta s_i$, $i=1, \dots, n-1$
- c.- $P = (1/\Delta s_i)^2$, $i=1, \dots, n-1$

En el caso en que el circuito de nivelación sea cerrado, es decir coincidan los puntos inicial y final, el planteamiento es el mismo, salvo el vector de términos independientes que se escribe,

$$\underline{t} = (N_1 + l_1, l_2, \dots, l_{n-2}, -N_1 + l_{n-1})^T$$

No entramos en este capítulo en más detalles sobre el método de Helmert sobre perfiles, puesto que es un caso particular del método de Helmert con compensación en superficie que desarrollamos con extensión en el capítulo 4.

CAPITULO 4

DETERMINACION DEL GEOIDE POR EL METODO DE HELMERT CON AJUSTE POR MINIMOS CUADRADOS.

4.1.- Planteamiento del problema.

Supongamos una región D de la superficie terrestre en donde se han determinado las componentes (ξ, η) de la desviación de la vertical en una serie de n puntos no necesariamente regularmente distribuidos.

Introduzcamos en D un sistema local de coordenadas cartesianas planas: sea (φ_0, λ_0) un punto origen, entonces para un punto cualquiera (φ, λ) de D las correspondientes coordenadas cartesianas planas son (se supone hipótesis de Tierra esférica)

$$\begin{aligned} x &= R (\varphi - \varphi_0) = R \varphi - R \varphi_0 \\ y &= R (\lambda - \lambda_0) \cos \varphi = R \lambda \cos \varphi - R \lambda_0 \cos \varphi \end{aligned} \quad (4.1.1)$$

Las coordenadas cartesianas origen serán

$$\begin{aligned} x_0 &= R \varphi_0 - R \varphi_0 = 0 \\ y_0 &= R \lambda_0 \cos \varphi_0 - R \lambda_0 \cos \varphi_0 = 0 \end{aligned}$$

siendo R un radio medio terrestre para la zona considerada.

Sean (x_i, y_i) , $i=1, \dots, n$ las coordenadas locales de los n puntos dato en donde se han evaluado las componentes de la desviación de la vertical dadas por $(\xi_1, \eta_1), \dots, (\xi_n, \eta_n)$ respectivamente. A partir de estos datos y del conocimiento de la ondulación del geoide en al menos un punto, el problema es estimar la ondulación del geoide en los demás puntos datos pertenecientes a D haciendo mínima una cierta norma que se especifi-

cará más adelante.

Matemáticamente esto es equivalente a determinar la función ondulación del geode $N(x,y)$, $(x,y) \in D$ de la que se conocen sus derivadas parciales, en n puntos

$$\xi = - \frac{\partial N}{\partial x}(x,y), \quad \eta = - \frac{\partial N}{\partial y}(x,y), \quad (x,y) \in D \quad (4.1.2)$$

y verifica una condición del tipo en algún punto de D

$$N(x,y) = N \quad (x,y) \in D \quad (4.1.3)$$

Consideremos la diferencial

$$dN = \frac{\partial N}{\partial x} dx + \frac{\partial N}{\partial y} dy = - (\xi dx + \eta dy)$$

y sean P, Q dos puntos de D , la diferencia en ondulación $N_Q - N_P$ entre los puntos P y Q viene dada por

$$N_Q - N_P = - \int_P^Q (\xi dx + \eta dy) \quad (4.1.4)$$

Si las observaciones astronómicas de latitud y longitud están perfectamente reducidas al geode, la forma diferencial dN debe ser exacta, es decir

$$\oint_{\gamma} dN = \oint_{\gamma} (\xi dx + \eta dy) = 0$$

para cualquier curva cerrada contenida en D .

La aproximación de ondulaciones del geode en los puntos dato se hace: Con el conjunto de puntos dato (x_i, y_i) , $i=1, \dots, n$ de D

se forma una triangulación que ha de ser óptima en el sentido de lados de distancia mínima y triángulos bien conformados, evitándose en lo posible ángulos menores de 25° , siendo el triángulo ideal el equilátero. Los puntos en donde se determina la desviación de la vertical suelen ser vértices de la red de primer orden en donde se han realizado observaciones de triangulación, pudiéndose aprovechar el esquema de triángulos ya definidos. Tengamos en cuenta que la puesta en práctica del método de Helmert en superficie es la integración de una ecuación en derivadas parciales de primer orden en dos variables por el método de elementos finitos (triángulos bien conformados) con la particularidad que los elementos finitos vienen impuestos por los propios puntos observados, exigiéndose por esto que la distribución sea lo más homogénea posible.

Sea $\{T_i\}$, $i=1, \dots, l$ los elementos de la triangulación efectuada en D , siendo los vértices de cada triángulo puntos dato en desviación de la vertical, verificándose que $T_k \cap T_j = \emptyset$ para $k \neq j$. Sean P, Q y R los vértices de un triángulo cualquiera T_k , y vamos a considerar la función ondulación del geode en T_k como un polinomio de grado 1 en las variables x, y (aproximación lineal de Helmert), es decir

$$N(x, y) = a_{00} + a_{10} x + a_{01} y, \quad (x, y) \in T_k \quad (4.1.5)$$

Sea el punto R del triángulo el origen de coordenadas de un nuevo sistema cartesiano local que para no complicar la notación seguiremos designando (x, y) y sean (s, α) las coordenadas polares

en dicho sistema (s distancia y α acimut). Luego todo punto de T_k se puede escribir

$$x = s \cos \alpha, \quad y = s \sin \alpha \quad (4.1.6)$$

y (4.1.5) en el sistema polar se transforma en

$$N(s, \alpha) = a_{00} + a_{10} s \cos \alpha + a_{01} s \sin \alpha$$

De (4.1.2) y (4.1.5) se deduce que

$$\begin{pmatrix} \frac{\partial N}{\partial x} \\ \frac{\partial N}{\partial y} \end{pmatrix} = \frac{\partial (s, \alpha)}{\partial (x, y)} \begin{pmatrix} \frac{\partial N}{\partial s} \\ \frac{\partial N}{\partial \alpha} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{10} \\ a_{01} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\xi \\ -\eta \end{pmatrix} \quad (4.1.7)$$

es decir,

$$a_{10} = -\xi, \quad a_{01} = -\eta$$

y

$$N(s, \alpha) = a_{00} - (\xi \cos \alpha + \eta \sin \alpha) s = a_{00} - \theta s$$

Un breve cálculo teniendo en cuenta la definición del sistema local y los valores de α , nos permite escribir

$$\begin{aligned} N_Q - N_R &= -(\theta_Q + \theta_R) s_{QR}/2 \\ N_P - N_Q &= -(\theta_P + \theta_Q) s_{PQ}/2 \\ N_P - N_R &= -(\theta_P + \theta_R) s_{PR}/2 \end{aligned} \quad (4.1.8)$$

sobre los tres lados del triángulo, siendo $\theta_P, \theta_Q, \theta_R$ la desviación de la vertical en los puntos P, Q, R.

Apoyándonos en estos resultados vamos a hacer el planteamiento general del problema. Sobre una región D de la tierra se tienen una serie de puntos $\{P_i\}$, $i=1, \dots, n$ en donde se conoce la desviación de la vertical θ_i , $i=1, \dots, n$. Se efectúa una triangulación de D con vértices los puntos dato con las condiciones dadas anteriormente. Entonces para cada lado de la triangulación se tiene una ecuación de la forma

$$\Delta N_{ij} = N_j - N_i = - (\theta_i + \theta_j) s_{ij}/2 \quad (4.1.8)$$

siendo ΔN_{ij} la diferencia de ondulación del geoide entre los puntos i, j, θ_i, θ_j la desviación de la vertical en los puntos i, j y s_{ij} la distancia entre dichos puntos.

Sea n el número de puntos dato, l el número de triángulos que son disjuntos ($T_k \cap T_j = \emptyset$ para $k \neq j$), entonces la ecuación de Euler nos dice que el número de lados es (Struik, D.J. 1973)

$$m = l + n - 1$$

que no es otra cosa que el número de ecuaciones en diferencia de ondulación (4.1.8) que se pueden establecer a partir de la triangulación efectuada.

4.2.- Aplicación del método de mínimos cuadrados a la determinación del geoide.

En este apartado vamos a considerar la determinación astrogeodésica del geoide como un problema que se puede adaptar a un

modelo estocástico en donde tenga sentido la técnica de mínimos cuadrados dentro de un marco probabilístico que se justificará convenientemente (Modelo de Gauss-Markov).

Se consideran una serie de puntos P_i , $i=1, \dots, n$ en donde se han determinado las componentes de la desviación de la vertical (ξ_i, θ_i) , $i=1, \dots, n$. Sean N_i , $i=1, \dots, n$ las correspondientes ondulaciones del geoide (incógnitas a determinar). Cada punto da lugar a p relaciones de observación del tipo (4.1.9), siendo p el número de puntos unidos con él por la triangulación. Sea el punto i e $i+1, \dots, i+p$ los puntos contiguos, las correspondientes relaciones de observación se pueden escribir

$$\begin{aligned} N_i - N_{i+1} - K_{i,i+1} &= v_{i,i+1} \\ &\vdots \\ N_i - N_{i+p} - K_{i,i+p} &= v_{i,i+p} \end{aligned}$$

donde los valores observados son

$$\begin{aligned} K_{i,i+j} &= - (\theta_i + \theta_j) s_{ij} / 2, j=1, \dots, p \\ \theta_i &= \xi_i \operatorname{sen} \alpha_{ij} + \eta_i \cos \alpha_{ij} \\ \theta_j &= \xi_j \operatorname{sen} \alpha_{ji} + \eta_j \cos \alpha_{ji} \end{aligned}$$

siendo α_{ij} el acimut correspondiente a la dirección P_i, P_j , α_{ji} el correspondiente a la dirección P_j, P_i , s_{ij} la distancia entre los puntos P_i, P_j y $v_{i,i+1}, \dots, v_{i,i+p}$ los residuales de las ob-

servaciones correspondientes.

Imponiendo la condición de mínimos cuadrados

$$\sum_{j=1}^p v_{i,i+j}^2 = \text{mínimo}$$

obtenemos la correspondiente ecuación normal para el punto i, dada por,

$$p N_i - N_{i+1} - \dots - N_{i+p} + K_i = 0 \quad (4.2.2)$$

$$K_i = \sum_{j=1}^p K_{i,i+j}$$

Para los n puntos de la red astrogeodésica se tendrán n ecuaciones normales de la forma (4.2.2), en donde las ondulaciones del geoide son los parámetros incógnita a determinar. Ahora bien, las relaciones de observación dan como valores observados vía desviación de la vertical, diferencias de ondulación del geoide únicamente, por tanto teniendo únicamente estos datos se puede determinar la forma de la superficie del geoide, pero no su posición en el espacio con respecto al elipsoide, es decir se pueden estimar diferencias de ondulación, pero no ondulaciones propiamente dichas. Un caso similar se da para redes de nivelación y es tratado en (Griffiths, E. y Schaffrin, B. 1974). Para definir la posición del geoide respecto del elipsoide de referencia es necesario el conocimiento de la ondulación del geoide en alguno de los puntos dato. En términos matemáticos, la matriz de ecuaciones normales es para n puntos una matriz de n filas y n columnas y su rango es (n-1), es decir es singular, pudiéndose encontrar una submatriz suya de orden (n-1) no singular. Este problema merecerá un apar-

tado posterior en la compensación libre de una red astrogeodésica para la determinación del geoide. De momento nos ocuparemos del caso regular, esto es, cuando se conozca la ondulación del geoide en al menos un punto de los n puntos datos en desviación de la vertical.

Las relaciones de observación pueden escribirse,

$$N_i - N_j - K_{ij} = v_{ij}, \quad K_{ij} = -(\theta_i + \theta_j)s_{ij}/2 \quad (4.2.3)$$

para dos puntos cualesquiera P_i, P_j , y

$$N_i - K_{ij} = v_{ij}, \quad K_{ij} = N_j - (\theta_i + \theta_j)s_{ij}/2 \quad (4.2.4)$$

para un punto fijo P_j (de ondulación del geoide conocida).

Luego para una red astrogeodésica con m enlaces u observaciones, n puntos con desviación de la vertical y k puntos donde se conoce la ondulación del geoide, se tendrá una matriz de configuración con m filas y $(n-k)$ columnas. Cada fila de dicha matriz tendrá 2 elementos distintos de cero de los $(n-k)$ o solamente uno cuando uno de los puntos que enlaza la observación sea fijo, por tanto se trata de matrices totalmente huecas (sparse).

En forma matricial las relaciones de observación (4.2.3) y (4.2.4) se pueden expresar

$$A\mathbf{x} - \mathbf{t} = \mathbf{v} \quad (4.2.5)$$

donde A es una matriz $(m, n-k)$, $m \geq (n-k)$, es la matriz de configuración o diseño del ajuste, $\mathbf{x} = (N_1, \dots, N_{n-k})$ es el vector de parámetros u ondulaciones incógnitas a estimar, $\mathbf{t} = (K_1, \dots, K_m)$ el vector de términos independientes u observaciones y $\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_m)$ el vector de residuos.

Se plantea el siguiente modelo lineal estocástico tipo Gauss-Markov para la determinación astronómica del geoide,

$$A\underline{x} - \underline{t} = \underline{v}$$

$$E(\underline{t}) = A\underline{x}, \text{ o bien } E(\underline{v}) = \underline{0}$$

$$\text{cov}(\underline{v}) = E(\underline{v}\underline{v}^T) = s_0^2 Q$$

$$\underline{v} \sim N(0, s_0^2 Q)$$

siendo $E(\)$ el operador esperanza matemática, $\text{cov}(\)$ el operador de covarianza, $N(0, s_0^2 Q)$ la distribución normal m-dimensional de media cero y matriz de varianzas-covarianzas $s_0^2 Q$, con s_0^2 el factor de varianza a priori de peso unidad.

Ahora bien, en este modelo se han supuesto algunas hipótesis que hay que contrastar, tales como

- 1.- El vector de residuos sigue una distribución normal
- 2.- $E(\underline{v}) = \underline{0}$, lo que equivale a decir que no existen errores groseros ni sistematismos.
- 3.- Las precisiones a priori de las observaciones postuladas en la matriz $s_0^2 Q$ han de ser consistentes con los resultados a posteriori.

Estas hipótesis se pueden contrastar con tests estadísticos que discutiremos más adelante.

Bajo estas hipótesis la solución de mínimos cuadrados $\hat{\underline{x}}$, es decir la que minimiza la funcional (Apéndice 3) $\|A\underline{x} - \underline{t}\|^2$, con la norma definida en el espacio de observaciones

$$\|\underline{y}\| = (\underline{y}^T P \underline{y})^{1/2}$$

siendo $P = Q^{-1}$ la matriz de pesos de las observaciones, viene dada por

$$\hat{\underline{x}} = (A^T P A)^{-1} A^T P \underline{t} = N^{-1} \underline{n} \quad (4.2.7)$$

$$N = (A^T P A) \text{ y } \underline{n} = A^T P \underline{t}$$

El vector de residuos estimado

$$\hat{\underline{v}} = A \hat{\underline{x}} - \underline{t} = (A(A^T P A)^{-1} A^T P - I) \underline{t} \quad (4.2.8)$$

La varianza de peso unidad del ajuste

$$\hat{s}_0^2 = (\hat{\underline{v}}^T P \hat{\underline{v}}) / (m - n + k) \quad (4.2.9)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de la estimación $\hat{\underline{x}}$

$$C_{\hat{\underline{x}}\hat{\underline{x}}} = \hat{s}_0^2 (A^T P A)^{-1} = \hat{s}_0^2 N^{-1} \quad (4.2.10)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones

$$C_{\hat{\underline{t}}\hat{\underline{t}}} = A C_{\hat{\underline{x}}\hat{\underline{x}}} A^T = \hat{s}_0^2 A (A^T P A)^{-1} A^T \quad (4.2.11)$$

La matriz de varianzas-covarianzas de los residuos

$$C_{\hat{\underline{v}}\hat{\underline{v}}} = \hat{s}_0^2 Q - C_{\hat{\underline{t}}\hat{\underline{t}}} = \hat{s}_0^2 (Q - A (A^T P A)^{-1} A^T) \quad (4.2.12)$$

Estas son las cantidades de interés que vamos a considerar en este trabajo y que van a definir la bondad del ajuste y por tanto de las desviaciones de la vertical y ondulaciones del geoid de conocidas.

4.3.- Detección de errores groseros, y sistemáticos.

Denominamos fiabilidad de una red geodésica (en sentido amplio y considerando el caso de la nivelación astrogeodésica como un caso particular) a su resistencia a los errores groseros o equivocaciones, o dicho en otras palabras, a la facilidad para la detección de los errores groseros. Evidentemente cuanto más precisas sean las observaciones y homogéneas, óptima la configuración de la red, un error grosero será más fácilmente detectable. En la literatura geodésica se han dado varios métodos para la

detección de errores groseros, de los que vamos a desarrollar aquí el T-test de J.A.Pope, 1975 y el B-test de W.Baarda, 1969, así como la aplicación de la hipótesis lineal general a la detección de errores groseros.

a.- El T-test de Pope.

Consideremos el modelo lineal estocástico

$$A\mathbf{x} - \mathbf{t} = \mathbf{v}, \quad E(\mathbf{v}) = \mathbf{0}, \quad \text{cov}(\mathbf{v}) = s_0^2 \mathbf{Q}, \quad \mathbf{v} \sim N(\mathbf{0}, s_0^2 \mathbf{Q})$$

en donde se supone que \mathbf{Q} es no singular. El vector de errores \mathbf{v} cumple la relación

$$\mathbf{v} = E(\mathbf{t}) - \mathbf{t}$$

con la condición $E(\mathbf{t}) = A\mathbf{x}$. Verificándose

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{v}} &= A\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t} = A(A^T P A)^{-1} A^T P \mathbf{t} - \mathbf{t} = (A(A^T P A)^{-1} A^T P - I) \mathbf{t} = \\ &= (A(A^T P A)^{-1} A^T P - I)(A\mathbf{x} - \mathbf{v}) = \\ &= (I - A(A^T P A)^{-1} A^T P) \mathbf{v}, \end{aligned}$$

puesto que,

$$(A(A^T P A)^{-1} A^T P - I)A\mathbf{x} = A(A^T P A)^{-1} A^T P A\mathbf{x} - A\mathbf{x} = \mathbf{0}$$

Por tanto tenemos que

$$\hat{\mathbf{v}} = M\mathbf{v}, \quad M = (I - A(A^T P A)^{-1} A^T P).$$

La matriz de pesos $P = Q^{-1}$ es no singular y simétrica, entonces existe una única matriz S triangular superior tal que

$$P = S^T S \quad (\text{factorización de la matriz } P)$$

$$\text{Llamemos: } \hat{\mathbf{v}}' = S\hat{\mathbf{v}}, \quad \mathbf{v}' = S\mathbf{v}, \quad A' = SA$$

y aplicando la ley de propagación de varianzas-covarianzas para

operadores lineales, se obtiene que

$$\text{cov}(\underline{v}') = S^T \text{cov}(\underline{v}) S = s_0^2 S^T P^{-1} S = s_0^2 I,$$

luego el vector \underline{v}' se distribuye según una normal de media cero y matriz de varianzas-covarianzas $s_0^2 I$, siendo I la matriz identidad.

Por otra parte consideremos el vector $\underline{\hat{v}}'$ cuya matriz de varianzas-covarianzas es

$$\begin{aligned} \text{cov}(\underline{\hat{v}}') &= \text{cov}(S\underline{\hat{v}}) = S^T \text{cov}(\underline{\hat{v}}) S = \hat{s}_0^2 S^T (Q - A(A^T P A)^{-1} A^T) S = \\ &= \hat{s}_0^2 (I - A'(A^T A')^{-1} A'^T) \end{aligned}$$

y llamando $M' = (I - A'(A^T A')^{-1} A'^T)$, se tiene que

$$\text{cov}(\underline{\hat{v}}') = \hat{s}_0^2 M'.$$

Si la matriz de pesos es diagonal

$$P = \begin{pmatrix} p_1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & p_m \end{pmatrix}$$

entonces la matriz S viene dada por

$$S = \begin{pmatrix} \sqrt{p_1} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \sqrt{p_m} \end{pmatrix}$$

y la transformación $\underline{\hat{v}}' = S\underline{\hat{v}}$ es directamente

$$\hat{v}'_i = \sqrt{p_i} \hat{v}_i$$

siendo la varianza del residual i -ésimo

$$s_{\hat{v}'_i}^2 = m'_{ii} \hat{s}_0^2 / p_i$$

con m'_{ii} el elemento i-ésimo de la diagonal principal de M' .

J.A. Pope, 1975 basandose en trabajos de T. Thomson, 1954 introduce la T-distribución mediante la t de Student por

$$T_r = \sqrt{r} \, t_{r-1} / \sqrt{r - 1 + t_{r-1}^2}$$

siendo r el número de grados de libertad del ajuste y t la variable t de Student, demostrandose que la variable $(\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i})$ sigue una distribución T con r grados de libertad, $r = m - n + k$ y

$$s_{\hat{v}_i} = m'_{ii} \hat{s}_0^2 / p_i$$

es la estimación de la varianza del residual i-ésimo.

El test para la aceptación o rechazo de observaciones se plantea en los siguientes términos,

Hipótesis H_0 : Se acepta la observación i-ésima

Hipótesis alternativa H_1 : Existe un error grosero en la observación i-ésima y se rechaza.

Se acepta H_0 si $|\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i}| < C$

Se rechaza H_0 , es decir se acepta H_1 si $|\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i}| \geq C$

siendo C el valor crítico que depende del nivel de confianza del test $(1 - \alpha)$, y del número de grados de libertad r del ajuste. Luego

$$C = \sqrt{r} \, t_{r-1, 1-\alpha} / \sqrt{r - 1 + t_{r-1, 1-\alpha}^2}$$

Digamos finalmente que se ha incorporado al programa de nivelación astrogeodésica para determinación del geoide por el método de Helmert una subrutina denominada POPE que determina el valor crítico C.

b.- A continuación se va a detallar la teoría de W. Baarda en el lenguaje matricial seguido en esta memoria, tratando la detección de errores groseros y el concepto de fiabilidad de una red geodésica en general.

Una manera intuitiva de testear una red es realizar el examen de los residuales \hat{v} que produce el ajuste de mínimos cuadrados. Así por ejemplo si el vector \hat{v} estuviese formado por variables incorreladas se tendría que la distribución de las cantidades o residuales tipificados $\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i}$ es normal de media cero y varianza unidad, $N(0,1)$. Ahora bien esto en la práctica no sucede, demostrándose (W. Baarda, 1968) que es mejor, esto es el test es más sensitivo con respecto a la detección de errores groseros, si se testea la cantidad $P\hat{v}$, siendo P la matriz de pesos de las observaciones.

Toda observación puede testearse por separado, para lo cual introducimos el vector auxiliar $\underline{c} = (0, \dots, 1^{(i)}, \dots, 0)$, si se quiere testear la observación i-ésima. Definamos la cantidad

$$f = - \underline{c}^T P \hat{v}, \quad \underline{c} = (0, \dots, 1^{(i)}, \dots, 0)$$

siendo entonces la cantidad a testear

$$w_i = f/s_f$$

con $w_i \sim N(0,1)$ aproximadamente debido a la correlación de las variables del vector \underline{w} . La desviación típica de la cantidad f puede calcularse mediante la ley de propagación de las varianzas,

y

$$s_f^2 = s_{\underline{c}}^2 P Q_{\hat{v}\hat{v}} P^T \underline{c}, \quad \text{con } Q_{\hat{v}\hat{v}} = Q - A(A^T P A)^{-1} A^T$$

y por tanto

$$s_f = s_o \sqrt{\underline{c}^T P Q_{\hat{V}\hat{V}} P \underline{c}}$$

Luego

$$w_i = -\underline{c}^T P \hat{v}_i / s_o \sqrt{\underline{c}^T P Q_{\hat{V}\hat{V}} P \underline{c}}$$

siendo s_o el factor de varianza de peso unidad y $Q_{\hat{V}\hat{V}}$ la matriz cofactor de los residuos estimados

El w-test de Baarda se plantea en los siguientes términos.

Dado el nivel de significación α , el valor crítico w_o viene dado por

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{w_o} e^{-t^2/2} dt = 1 - \alpha$$

Por ejemplo para $\alpha = 0.05$, $w_o = 1.96$ y para $\alpha = 0.01$, $w_o = 2.58$.

Si $|w_i| > w_o$ existe una probabilidad $(1-\alpha)$ de que la observación i -ésima sea errónea.

El cómputo de las cantidades w_i necesita de la determinación de la matriz $Q_{\hat{V}\hat{V}} = Q - A Q_{\hat{X}\hat{X}} A^T$, o lo que es lo mismo de la matriz cofactor de las incógnitas $Q_{\hat{X}\hat{X}}$. Distintas elecciones del vector \underline{c} desde $i=1, \dots, m$, van definiendo las cantidades w_i y se testean los residuales individualmente.

A continuación se va a estudiar el efecto que producen en una red geodésica los errores groseros, esto es, la variación que pueden tener las cantidades de interés geodésico de un ajuste de una red geodésica, para lo cual consideremos que la observación i -ésima está afectada por la presencia de un error grosero o sistemático dado por Δ , el efecto que esto produce en el vector de observaciones \underline{t} es

$$\Delta \underline{t} = \underline{c} \Delta \quad (\Delta \text{ es un escalar, } \underline{t} \text{ unvector})$$

$$\underline{c} = (0, \dots, 1, \dots, 0)$$

La obtención del efecto que produce el error grosero Δ en la observación i -ésima en otras cantidades es inmediato, así se tiene

$$\Delta \hat{x} = Q_{\hat{x}\hat{x}} A^T P \underline{c} \Delta$$

$$\Delta \hat{v} = -Q_{\hat{v}\hat{v}} P \underline{c} \Delta$$

$$\Delta f = \underline{c}^T P Q_{\hat{v}\hat{v}} P \underline{c} \Delta$$

$$\Delta w = \sqrt{\underline{c}^T P Q_{\hat{v}\hat{v}} P \underline{c}} \Delta / s_0$$

Llamemos $E = \hat{v}^T P \hat{v}$, entonces

$$\begin{aligned} \Delta E &= (\hat{v} + \Delta \hat{v})^T P (\hat{v} + \Delta \hat{v}) - \hat{v}^T P \hat{v} = \\ &= \Delta \hat{v}^T P \Delta \hat{v} + 2 \Delta \hat{v}^T P \hat{v} \end{aligned}$$

y puesto que es una cantidad estocástica, su esperanza matemática es

$$E(E) = \Delta \hat{v}^T P \Delta \hat{v} = s_0^2 \Delta w^2$$

Esto es válido para cualquier error en una observación. Consideremos ahora un valor especial o particular \bar{v} , tomado de tal forma que el cambio \bar{v} en una observación puede detectarse con el w -test con una probabilidad β , que normalmente se toma el 80% y a un nivel de significación $1-\alpha$. Esta variación en w que puede detectarse con una probabilidad β a un nivel $1-\alpha$ la denominaremos siguiendo la notación de la escuela de Delft $\bar{v}_w(\alpha, \beta)$, teniendo

$$\alpha = 0.05 \quad \beta = 80\% \quad \bar{v}_w = 2.80$$

$$\alpha = 0.01 \quad \beta = 80\% \quad \bar{V}_w = 3.44$$

$$\alpha = 0.001 \quad \beta = 80\% \quad \bar{V}_w = 4.13$$

Aplicando las expresiones anteriores para \bar{V}_w , se tiene

$$\bar{V} = \bar{V}_w s_0 / (\underline{c}^T P Q_{VV} P \underline{c})^{1/2}$$

$$\bar{V} \underline{x} = \underline{c} \bar{V}$$

$$\bar{V} \underline{\dot{x}} = Q_{xx} A^T P \underline{c} \bar{V}$$

$$\bar{V} \underline{f} = (\underline{c}^T P Q_{VV} P \underline{c})^{1/2} s_0 \bar{V}$$

$$\bar{V} \underline{\dot{v}} = -Q_{VV} P \underline{c} \bar{V}$$

W. Baarda encuentra una expresión para acotar la cantidad

$$\bar{V} x_k / s_{x_k}, \quad k=1, \dots, n, \text{ por}$$

$$\bar{V} x_k / s_{x_k} \leq (\bar{V} \underline{x}^T N \bar{V} \underline{x})^{1/2} / s_0, \quad N = A^T P A$$

y puesto que

$$\begin{aligned} \bar{V} \underline{x}^T N \bar{V} \underline{x} &= \underline{c}^T P A Q_{xx} N Q_{xx} A^T P \underline{c} \bar{V}^2 = \underline{c}^T P A Q_{xx} A^T P \underline{c} \bar{V}^2 = \\ &= \underline{c}^T P (Q - Q_{VV}) P \underline{c} \bar{V}^2 = (\underline{c}^T P \underline{c} - \underline{c}^T P Q_{VV} P \underline{c}) \bar{V}^2 \end{aligned}$$

y

$$\bar{V}^2 = \bar{V}_w^2 s_0^2 / (\underline{c}^T P Q_{VV} P \underline{c})$$

se tiene que

$$\bar{V} \underline{x}^T N \bar{V} \underline{x} / s_0 = \left(\frac{\underline{c}^T P \underline{c}}{\underline{c}^T P Q_{VV} P \underline{c}} - 1 \right) \bar{V}_w^2 = v \bar{V}^2$$

Definamos la cantidad

$$r_x = v^{1/2} \bar{V}_w \rightarrow \bar{V} x_k \leq r_x s_{x_k}$$

Al parámetro r_x así definido se le llama fiabilidad externa de x y dependen de \underline{c} . De forma similar se define la fiabilidad

interna o de las observaciones por

$$r_t = \sqrt{t/s_t} = \sqrt{t/s_o} (\underline{c}^T Q \underline{c})^{1/2}$$

Luego a cada observación le corresponden un valor r_x y r_t , relacionandose su magnitud a la sensibilidad de la red para detectar errores groseros. Si una observación no es controlada, entonces $r \rightarrow \infty$, si una observación está relativamente bien controlada, $r \in (5, 10)$ y si r es menor que 5 la observación está muy bien controlada. Si r es mayor que 10 la observación no está bien controlada. Entendiendo por observación controlada a la sensibilidad de la red para detectar un error grosero en dicha observación. Estos parámetros son fundamentales para una red geodésica, puesto que la precisión es una medida difícil de precisar en una red, y la fiabilidad es perfectamente definible a partir de las propias observaciones y de la configuración de la red. Pongamos un ejemplo ilustrativo del tema, en la actualidad se plantea el tema de triangular o trilaterar redes puesto que la trilateración para redes de primer y segundo orden con telurómetros es más rápida y más económica y oferta precisiones parejas a la triangulación clásica. Ahora bien en redes de primer orden la triangulación es mucho más fiable que la trilateración, puesto que para una red triangulada bien conformada y observada con una precisión angular de 0.5 segundos sexagesimales se detecta un error grosero cuando una observación está en un error de unos 3-4 segundos. Para una red trilaterada con una precisión de 2ppm, se detecta un error grosero cuando está en el orden de unas 20-25 ppm. En cambio para redes de segundo orden con controladas por la de primero el método de trilateración oferta precisiones y fiabilidades comparadas a la triangulación.

La varianza de una observación antes del ajuste viene dada por $s_0^2 Q_{ii}$, la varianza después del ajuste por $s_0^2 (Q_{tt})_{ii}$ y la varianza del residual i -ésimo es $s_0^2 (Q_{vv})_{ii}$. Luego

$$\begin{aligned} s^2(\underline{t} + \underline{v})/s^2(\underline{t}) &= (Q_{ii} - (Q_{vv})_{ii})/Q_{ii} = 1 - (Q_{vv})_{ii}/Q_{ii} = \\ &= q_i \quad (0 < q_i < 1) \end{aligned}$$

Para una observación bien controlada $0.6 < q_i < 0.9$

Para una observación débilmente controlada $q_i > 0.9$

Para una observación muy bien controlada $q_i \leq 0.6$

Para observaciones incorreladas, es decir P y por tanto Q son matrices diagonales, los parámetros que definen la fiabilidad externa e interna vienen dados por las sencillas expresiones (G.L.Strang van Hess, 1984)

$$r_x = \sqrt{q_i/(1 - q_i)} \sqrt{V_w}$$

$$r_t = \sqrt{1/(1 - q_i)} \sqrt{V_w}$$

Vamos a continuación a tratar el problema de detección de errores groseros como una aplicación de la hipótesis lineal general descrita en el apéndice 3, dándose dos ejemplos concretos de aplicación de la teoría desarrollada.

El modelo descrito en el apartado 4.2, dado por

$$A\underline{x} - \underline{t} = \underline{v}, \quad \underline{v} \sim N(\underline{0}, s_0^2 Q)$$

supone dos hipótesis de especial importancia:

a.- La media del vector \underline{v} es $\underline{0}$, es decir, no existen sistematismos en el modelo.

b.- La matriz de varianzas covarianzas es diagonal de los elementos

ciones es $s_0^2 Q$, y s_0^2 es la varianza de peso unidad del ajuste.

Estas dos hipótesis son muy restrictivas, en general mucho más que la normalidad para el vector \underline{v} o el vector \underline{t} , debido a las leyes de los grandes números que nos indican que para grandes muestras el vector \underline{t} es asintóticamente normal, aun con la presencia de errores groseros (Arnold, S.F., 1981). En redes geodésicas la presencia de errores sistemáticos es muy corriente y pueden muchas veces pasar desapercibidos si los programas de compensación y tratamiento estadístico de redes no son lo suficientemente completos, o bien, si las redes en cuestión no verifican requisitos de control y fiabilidad, en cuanto a estar controladas por redes de orden superior y a que su diseño sea adecuado. Estos errores sistemáticos son debidos esencialmente a la falta o mala calibración de los instrumentos de medida, a la refracción atmosférica, que en ocasiones es totalmente incontrolable, con variaciones significativas en plazos de tiempo muy breves, al campo gravitatorio terrestre, respecto del cual se hacen todas las observaciones geodésicas, y que usualmente, al menos en planimetría es despreciado, reducción inadecuada de las observaciones al elipsoide de referencia, control de orden superior de mala calidad para redes de orden inferior, etc. El tratamiento matemático de estos posibles sistematismos solamente puede efectuarse con la adición de nuevas incógnitas al problema considerado, y el posterior estudio mediante los tests estadísticos oportunos de la posible significación de dichas incógnitas.

Supondremos que se verifican las especificaciones a y b, es decir, $\underline{v} \sim N(\underline{0}, s_0^2 Q)$, y la varianza s_0^2 es una cantidad conocida a priori. Entonces,

$$\hat{\underline{x}} = (A^T P A)^{-1} A^T P \underline{t}, \quad P = Q^{-1}$$

$$\hat{\underline{t}} = A \hat{\underline{x}} = A (A^T P A)^{-1} A^T P \underline{t}$$

$$\hat{\underline{v}} = \underline{t} - A \hat{\underline{x}} = (I - A (A^T P A)^{-1} A^T P) \underline{t},$$

y puesto que $\underline{t} \sim N(A\underline{x}, s_0^2 Q)$,

$$\hat{\underline{x}} \sim N(\underline{x}, s_0^2 (A^T P A)^{-1})$$

$$\hat{\underline{t}} \sim N(A\underline{x}, s_0^2 A (A^T P A)^{-1} A^T)$$

$$\hat{\underline{v}} \sim N(\underline{0}, s_0^2 (Q - A (A^T P A)^{-1} A^T)).$$

Bajo estas hipótesis el estadístico $\hat{R} = \hat{\underline{v}}^T P \hat{\underline{v}}$ tiene una distribución central $s_0^2 \chi_{m-n}^2$ (Apéndice 3), y por tanto,

$$\hat{R}/s_0^2 \sim \chi_{m-n}^2/(m-n),$$

con,

$$E(\hat{R}/s_0^2) = E(\chi_{m-n}^2/(m-n)) = 1,$$

es decir, $\hat{s}_0^2 = \hat{R}/(m-n)$ es una estimación insesgada de la varianza a priori de peso unidad s_0^2 ($E(\hat{s}_0^2) = s_0^2$).

Supongamos que para nuestro modelo la hipótesis $\hat{s}_0^2 = s_0^2$ no se verifica a un nivel de confianza $(1-\alpha)$, es decir, (Apartado 4.4),

$$\hat{s}_0^2/s_0^2 > F_{(m-n, \infty)}(1-\alpha).$$

Ante esta posible eventualidad vamos a considerar el modelo ampliado con incógnitas adicionales \underline{y} , y consideremos la hipótesis H_0 formulada por

$$H_0: E(\underline{t}) = (A \ C) \begin{pmatrix} \underline{x} \\ \underline{y} \end{pmatrix}, \text{ con las restricciones } (0 \ I) \begin{pmatrix} \underline{x} \\ \underline{y} \end{pmatrix} = \underline{0}$$

siendo C una matriz (m,b) e y un vector $(b,1)$ de incógnitas adicionales. La hipótesis H_0 indica que el modelo $Ax - t = v$ es válido, y que no es necesario introducir incógnitas suplementarias a nuestro problema. La hipótesis alternativa puede escribirse,

$$H_A: E(\underline{t}) = (A \ C) \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

Sea $\underline{\hat{\lambda}}$ el vector de multiplicadores de Lagrange asociado al problema con restricciones (Apéndice 3). Entonces se tiene que la diferencia entre las cantidades \hat{R}_0 y \hat{R}_A , es decir, la suma de los cuadrados de los residuales ponderados bajo la hipótesis nula H_0 y la hipótesis alternativa H_A , viene dada por (Teunissen, J.A. 1985)

$$\hat{R}_0 - \hat{R}_A = \underline{\hat{\lambda}}^T Q^{-1} \underline{\hat{\lambda}} = \|\underline{\hat{\lambda}}\|^2,$$

siendo,

$$\underline{\hat{\lambda}} = C^T (P - PA(A^T PA)^{-1} A^T P) \underline{t}$$

$$Q_{\underline{\hat{\lambda}} \underline{\hat{\lambda}}} = C^T (P - PA(A^T PA)^{-1} A^T P) C.$$

Bajo la hipótesis nula la cantidad $(\hat{R}_0 - \hat{R}_A)/s_0^2$ tiene una distribución dada por una χ^2_b/b , o lo que es lo mismo, $F_{b,\infty}$, es decir,

$$E((\hat{R}_0 - \hat{R}_A)/s_0^2 \mid H_0) = 1,$$

mientras que bajo la hipótesis alternativa, H_A , la misma cantidad tiene una distribución $F_{b,\infty}$ no central, con parámetro de no centralidad dado por

$$\lambda = y^T Q_{\underline{\hat{\lambda}} \underline{\hat{\lambda}}} y / s_0^2.$$

y desde luego (Apéndice 3),

$$E((\hat{R}_O - \hat{R}_A)/s_O^2 b \mid H_A) = 1 + \lambda/b.$$

Consideremos por tanto un valor del nivel de confianza $1 - \alpha$, el valor crítico correspondiente para la distribución $F_{b, \infty, 1-\alpha}$ es c , entonces,

$$\text{Se acepta } H_0 \text{ si } (\hat{R}_O - \hat{R}_A)/s_O^2 b \leq c$$

$$\text{Se rechaza } H_0 \text{ si } (\hat{R}_O - \hat{R}_A)/s_O^2 b > c.$$

En estas consideraciones se ha supuesto el factor de variancia a priori s_O^2 conocido, esto puede no ser cierto, es decir, no se tiene una información a priori realista de la bondad de las observaciones. En este caso la cantidad $(\hat{R}_O - \hat{R}_A)/\hat{s}_O^2 b$, siendo \hat{s}_O^2 la estimación de la variancia de peso unidad s_O^2 , se distribuye según una $F_{b, f}$ central bajo la hipótesis nula, y no central bajo la hipótesis alternativa, con f el número de grados de libertad del ajuste.

Consideremos $b = 1$, entonces la matriz C se reduce a un vector \underline{c} , y si se toma el vector $\underline{c} = \underline{c}_i = (0, \dots, \overset{(i)}{1}, \dots, 0)$, se tiene que cuando la matriz de pesos es diagonal, como sucede normalmente en las aplicaciones geodésicas,

$$(\hat{R}_O - \hat{R}_A)/s_O^2 b = |\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i}| = |w_i|,$$

es decir, el residual tipificado i -ésimo, y la distribución de estas cantidades es una $\sqrt{F_{1, \infty}}$, esto es, $N(0, 1)$ bajo la hipótesis nula. Haciendo variar $i=1, \dots, m$, se tiene el clásico procedimiento de "data-snooping" para control de errores groseros en las observaciones.

Vamos a aplicar esta teoría al caso de una red de nivelación astrogeodésica en donde se manejan datos procedentes de dos fuentes de información distintas, componentes de desviación de la vertical determinadas a partir de un DATUM geodésico local, y diferencias de ondulación del geoide calculadas a partir de observaciones espaciales y convenientemente transformadas al sistema geodésico local. Si suponemos gran precisión a estas observaciones espaciales (por ejemplo, realizadas con interferometría de corta base (Apéndice 2)), se puede intentar chequear posibles sistematismos propios de las observaciones astronómicas de determinación de longitud, en la componente η de la desviación de la vertical.

Para dos puntos P_i, P_j dato en desviación de la vertical, la diferencia de ondulación del geoide viene dada por,

$$N_j - N_i = \frac{\theta_i + \theta_j}{2} s_{ij} = \frac{\theta_i^{(o)} + \theta_j^{(o)}}{2} s_{ij} + \frac{\nabla \theta_i + \nabla \theta_j}{2} s_{ij}$$

y por tanto,

$$N_j - N_i - \nabla \theta_i s_{ij}/2 - \nabla \theta_j s_{ij}/2 = (\theta_i^{(o)} + \theta_j^{(o)}) s_{ij}/2$$

indicando por $\theta^{(o)}$ los valores observados para la desviación de la vertical por métodos astrogeodésicos, y por $\nabla \theta$ los posibles sistematismos propios de la observación astronómica, dados por,

$$\nabla \theta_i = \nabla \Lambda_i \cos \varphi_i, \quad \nabla \theta_j = \nabla \Lambda_j \cos \varphi_j,$$

siempre que supongamos que afectan a la longitud astronómica, cosa totalmente coherente con la realidad.

Por otra parte, también tenemos observaciones espaciales de diferencia de ondulación del geoide, que se suponen libres de sistematismos, al menos despreciables, frente a los anteriores. Estas observaciones pueden escribirse para dos puntos P_q y P_k entre los que se haya hecho una de estas observaciones,

$$N_q - N_k = \Delta N_{qk}.$$

El planteamiento original del problema sería,

$$Ax - t = v, \quad v \sim N(0, s_0^2 Q),$$

donde el vector x de incógnitas únicamente tendría ondulaciones del geoide. Si se introducen las incógnitas adicionales que contemplan posibles sistematismos en la longitud astronómica, se tendría,

$$Ax + Cy = v_c$$

y para chequear la significación de las incógnitas y se puede utilizar la hipótesis H_0 dada por,

$$I_n y = 0,$$

siendo I_n la matriz identidad (n, n) para n ondulaciones del geoide de incógnitas.

Sea

$$\hat{R}_0 = \hat{y}^T P \hat{y} \quad \text{y} \quad \hat{R}_A = \hat{y}_c^T P \hat{y}_c$$

y un nivel de confianza $(1-\alpha)$. Entonces sí,

$$(\hat{R}_0 - \hat{R}_A) / s_0^2 n < F_{n, \infty, (1-\alpha)}$$

se acepta la hipótesis H_0 . En caso contrario, se acepta la hipó-

tesis alternativa, es decir, la existencia de posibles sistematismos en la componente η de la desviación de la vertical.

Ahora bien, a pesar de que se acepte la hipótesis H_0 , lo que equivale a que globalmente no hay sistematismos, es posible que algunas de las observaciones de las que forme parte alguna componente η del conjunto se vea afectada de algún posible sistematismo, o equivalentemente, que existan errores groseros en las observaciones, lo que se puede chequear con el test de Baarda antes descrito.

Esta situación se presenta también cuando se quieren combinar en un ajuste único, observaciones realizadas respecto de sistemas de referencia distintos. Supongamos que se quieren determinar diferencias de ondulación del geoide a partir de tres fuentes diferentes y esencialmente distintas, por ejemplo con observaciones astronómicas y geodésicas, espaciales y gravimétricas, y se quiere hacer una determinación del geoide combinando dentro de un mismo marco las tres clases de observaciones, referidas a priori a sistemas de referencia distintos. Para fines utilitarios los cálculos de geoide se suelen hacer en el sistema geodésico local o particular vigente en cada país, que denominaremos S_g , sea S_D el sistema espacial y S_G el sistema general que utiliza la gravimetría. Ordinariamente se tiene información a priori sobre los parámetros que definen la transformación de Helmert para ligar los distintos sistemas, es decir, (Capítulo 2),

$$\begin{aligned} S_D &\xrightarrow{T(y)} S_g \quad y = (x_0, y_0, z_0, w_1, w_2, w_3, dL, da, de^2) \\ S_G &\xrightarrow{T(y')} S_g \quad y' = (x'_0, y'_0, z'_0, w'_1, w'_2, w'_3, dL', da', de'^2) \end{aligned}$$

En el apéndice 1 se dan las fórmulas que definen la variación de la ondulación del geoide por un cambio de DATUM. Así, si se conocen las diferencias de ondulación del geoide entre los puntos P_i, P_j de la red astrogeodésica, por métodos espaciales y gravimétricos, y si se conoce los parámetros que definen los vectores \underline{y} e \underline{y}' , se pueden transformar estas diferencias de ondulación al DATUM geodésico por

$$\Delta N_D^t(P_i, P_j) = \Delta N_D^i(P_i, P_j) + \underline{f}^T(P_i, P_j) \underline{y}$$

$$\Delta N_G^t(P_i, P_j) = \Delta N_G^i(P_i, P_j) + \underline{f}^T(P_i, P_j) \underline{y}'$$

siendo el vector $\underline{f}(P_i, P_j)$ definido por (Apéndice 1)

$$\underline{f}^T(P_j, P_i) = \begin{pmatrix} \cos \psi(P_j) \cos \lambda(P_j) - \cos \psi(P_i) \cos \lambda(P_i) \\ \cos \psi(P_j) \sin \lambda(P_j) - \cos \psi(P_i) \sin \lambda(P_i) \\ \sin \psi(P_j) - \sin \psi(P_i) \\ -e^2 R_1(P_j) \sin \psi(P_j) \cos \psi(P_j) \sin \lambda(P_j) + e^2 R_1(P_i) \\ \quad \sin \psi(P_i) \cos \psi(P_i) \sin \lambda(P_i) \\ e^2 R_1(P_j) \sin \psi(P_j) \cos \psi(P_j) \cos \lambda(P_j) - e^2 R_1(P_i) \\ \quad \sin \psi(P_i) \cos \psi(P_i) \cos \lambda(P_i) \\ R_1(P_j) (1 - e^2 \sin^2 \psi(P_j)) - R_1(P_i) (1 - e^2 \sin^2 \psi(P_i)) \\ (R_1(P_j) (1 - e^2 \sin^2 \psi(P_j)) - R_1(P_i) (1 - e^2 \sin^2 \psi(P_i))) / a \\ (-R_1(P_j) \sin^2 \psi(P_j) + R_1(P_i) \sin^2 \psi(P_i)) / a \end{pmatrix}$$

Ahora bien, la información en cuanto a los parámetros de transformación dada en los vectores \underline{y} e \underline{y}' , según su procedencia puede no ser fiable como para garantizar la bondad de la transformación. Se puede por tanto considerar un vector residual sistemático,

$$\delta \underline{Y} = (\delta x_0, \delta y_0, \delta z_0, \delta w_1, \delta w_2, \delta w_3, \delta dL, 0, 0)$$

$$\delta \underline{Y}' = (\delta x'_0, \delta y'_0, \delta z'_0, \delta w'_1, \delta w'_2, \delta w'_3, \delta dL', 0, 0)$$

a determinar en el ajuste, escribiéndose las correspondientes relaciones de observación,

$$N_j - N_i = \Delta N_D^t(P_i, P_j) + \underline{f}^T(P_i, P_j) \delta \underline{Y}$$

$$N_j - N_i = \Delta N_G^t(P_i, P_j) + \underline{f}^T(P_i, P_j) \delta \underline{Y}'$$

En los vectores $\delta \underline{Y}$ y $\delta \underline{Y}'$ no se han considerado residuales en a y e^2 , puesto que los parámetros que definen las dimensiones de los distintos elipsoides de referencia vienen dados a priori, y en cuanto a los utilizados por la geodesia espacial y la gravimétrica determinados por cálculos de carácter global, son mucho más fiables que los que a nivel local (de país) puedan hacerse.

Por tanto el problema puede plantearse en la forma:

$$A \underline{x} + B \delta \underline{Y} = \underline{v}, \quad \underline{v} \sim N(\underline{0}, s_0^2 Q),$$

y la hipótesis nula H_0 a contrastar definida por

$$I_b \delta \underline{Y} = \underline{0},$$

siendo,

$$\delta \underline{Y} = (\delta \underline{Y}; \delta \underline{Y}')$$

4.4.- Tests estadísticos de contraste de hipótesis.

Lo expuesto anteriormente de detección de errores groseros tiene sentido cuando la varianza a priori de peso unidad coincide con la estimación de la varianza de peso unidad, es decir, $s_0^2 = \hat{s}_0^2$. Así podemos enunciar,

a.- Test de varianza de peso unidad.

El test de varianza de peso unidad se plantea en los siguientes términos: contrastar la hipótesis

$$H_0: \hat{s}_0^2 = s_0^2$$

A un nivel de significación $(1-\alpha)$ la hipótesis H_0 es rechazada

si

$$q = \max(\hat{s}_0^2/s_0^2, s_0^2/\hat{s}_0^2) > F_{f_1-f_2, \infty}$$

siendo f_1 el número de observaciones, f_2 el de incógnitas y F la distribución de Snedecor.

b.- Test de normalidad en la distribución de los residuales.

Se puede utilizar el test χ^2 para investigar la normalidad de la distribución de los residuales. La hipótesis a contrastar es si los residuales tipificados $\hat{v}_i/s_{\hat{v}_i}$ siguen una distribución $N(0,1)$. La hipótesis se acepta si la variable

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^p (n_i - mp_i)^2 / mp_i$$

es menor que el valor de la distribución $\chi^2_{(p-1), 1-\alpha/2}$, siendo p el número de clases, n_i la frecuencia absoluta de cada clase, m el número de observaciones y p_i la probabilidad teórica de cada clase.

Digamos finalmente que la no aceptación de este test puede ser debida a dos causas principalmente, la primera que haya sis-

tematismos en el ajuste o que haya errores groseros no localizados en las observaciones, y segundo, que este test tiene un sentido riguroso cuando los residuos son variables incorreladas y esto evidentemente no es cierto en la práctica.

c.- Análisis de posibles sistematismos.

Con el fin de localizar posibles sistematismos en las observaciones es aconsejable utilizar el t-test en la forma siguiente: Sea \bar{w} el valor medio de los residuos tipificados y $s_{\bar{w}}$ la desviación típica de dicha media. Entonces la variable $T = |\bar{w}/s_{\bar{w}}|$ sigue una distribución t de Student con (m-1) grados de libertad para m observaciones (Sjöberg, L. 1981).

La hipótesis a contrastar es,

$$H_0: \bar{w} = 0 \quad (\text{No existen sistematismos})$$

y se acepta si $T < t_{(m-1), 1-\alpha/2}$ a un nivel de significación α .

En el capítulo 7 se aplican estos tests a la determinación del geoide en Portugal en el estudio estadístico de residuales, así como en el capítulo 8 en donde se analiza la red de primer orden de triangulación de Portugal.

4.5.- Estudio de la matriz de varianzas-covarianzas a priori.

La asignación de pesos a las observaciones es uno de los problemas más estudiados en geodesia geométrica, sobre todo en redes clásicas de triangulación y no se tienen aún soluciones definitivas. Según hemos visto la precisión de las observaciones a priori se postula en la matriz de pesos a priori $s_0^2 Q$.

En el apartado 3.2 se ha estudiado el error de interpolación de la fórmula de Helmert que es acotado por

$$\delta_N < s \delta \theta \operatorname{sen} l''/6 \quad (4.5.1)$$

siendo

$$\delta \theta = \max_{x \in I} \left| \frac{d^2 \theta(x)}{ds^2} \right| \Delta s^2/2, \quad I = (P_i, P_j) \quad (4.5.2)$$

con P_i, P_j los puntos donde se conoce la desviación de la vertical. Según este resultado parece lógico asignar los pesos inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los puntos dato (Veáse 4.5.1). Un estudio de extraordinario interés en este tema y que ofrece resultados sobre la influencia de la matriz de pesos en los resultados del ajuste es (Remmer, O. 1973).

Para la determinación del geoide por el método de Helmert se han estudiado varias asignaciones de pesos no observándose discrepancias notables en los resultados.

Las elecciones de la matriz de pesos han sido

- a.- Matriz de pesos igual a la matriz diagonal, es decir todas las observaciones con el mismo peso, e incorreladas.
- b.- La matriz de pesos es diagonal y los elementos de la diagonal principal son inversamente prporcionales a la distancia entre los puntos que definen la observación.

c.- La matriz de pesos es diagonal y los elementos de la diagonal principal son inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia entre los puntos que definen la observación.

4.6.- Optimización de la determinación del geoide por el método de Helmert.

Hasta aquí se ha abordado el problema de la determinación del geoide utilizando la aproximación lineal de Helmert. En este apartado se van a desarrollar las técnicas matemáticas y geodésicas que permiten el diseño de una red astrogeodésica en base a definir un proyecto de geoide con precisiones determinadas a priori. El tema es de trascendental interés para países como España que no tiene una estructura suficiente en cuanto a observaciones astronómicas para una correcta determinación del geoide, puesto que un estudio de este tipo permite la comparación de factores tales como el económico, precisión, tiempos de realización, etc.

Este tema que ha sido tratado para redes de nivelación y redes geodésicas en general, no ha sido utilizado para fines de determinación astrogeodésica del geoide. Vamos a enfocar el problema desde dos puntos de vista diferentes, técnicas de simulación y segundo problema de diseño, aunque para fines prácticos ha demostrado más eficiencia el primero de estos métodos según (Boedecker, G. 1982).

El segundo problema de diseño para redes geodésicas se plantea a de la siguiente forma. Definida la matriz de configuración A , esto es, definida la red de nivelación astrogeodésica y dada la matriz cofactor Q_{xx} de las ondulaciones del geoide, que supuesta $s_0^2 = 1$, coincide con la matriz de varianzas-covarianzas de ondulaciones del geoide, determinar con que precisión se han de deter-

minar las componentes de la desviación de la vertical para que se verifique

$$(A^T P A)^{-1} = (A^T Q^{-1} A)^{-1} = Q_{xx} \quad (4.6.1)$$

Recordemos que en la matriz Q se postulaban las precisiones de las observaciones en el modelo de Gauss-Markov. En este caso la matriz Q es incógnita y se quiere determinar de tal forma que dada la matriz Q_{xx} la ecuación matricial (4.6.1) se verifique.

Supuesta una matriz Q diagonal, es decir, observaciones inco- rreladas la ecuación (4.6.1) se puede escribir en la forma

$$(A^T \odot A^T) \underline{p} = \underline{p}_x \quad (4.6.2)$$

siendo \odot el producto de Khatri-Rao (Rao, C.R. Mitra, S.K., 1971)

$$\underline{p} = (p_1, \dots, p_m)^T$$

el vector de pesos de las observaciones y

$$\underline{p}_x = (p_{11}, \dots, p_{1n}, \dots, p_{n1}, \dots, p_{nn})$$

la expansión vectorial de la matriz Q_{xx}^{-1} .

Llamemos $(A^T \odot A^T) = B$ que será una matriz (n^2, m) , habiéndose dado algoritmos eficientes para su determinación en (Schmitt, G. 1979) y (Wimmer, H. 1981) y el problema (4.6.2) puede plantearse en la forma

$$B \underline{p} = \underline{p}_x, \quad B \in M(n^2, m), \quad \underline{p} \in M(m, 1), \quad \underline{p}_x \in M(n^2, 1) \quad (4.6.3)$$

Si $n^2 > m$ el problema (4.6.3) se aproxima con mínimos cuadrados, con las condiciones

$$p_i > 0 \quad (\text{pesos positivos})$$

Una vez determinados los pesos p_i , $i=1, \dots, m$, las correspon-

dientes desviaciones típicas de las observaciones son

$$q_i = 1/\sqrt{p_i}$$

dadas según el planteamiento del problema en metros. Recordando la expresión (3.2.5) se tiene, $s_{\Delta N} = q_i$ para la observación i -ésima y suponiendo que $s_{\Delta} = s_{\varphi} = s$, tenemos,

$$s_{\Delta N}^2 = s^2(\cos^2\varphi + 1)s^2/(2\sqrt{2})^2$$

y

$$s^2 = s_{\Delta N}^2(2\sqrt{2})^2/(\cos^2\varphi + 1)s^2$$

$$s = s_{\Delta N} 2\sqrt{2} / \sqrt{\cos^2\varphi + 1} \text{ radianes}$$

lo que permite calcular la precisión con que se han de determinar las coordenadas astronómicas para que las observaciones tengan una precisión definida a priori por (q_1, \dots, q_m) .

Este planteamiento del problema de diseño que matematicamente es elegante y correcto, tiene una puesta en práctica complicada, puesto que no se reduce a un problema mínimos cuadrados, debido a las condiciones tipo desigualdad ($p_i > 0$), sino a un problema de programación lineal con aproximación tipo mini-max. Por otra parte la matriz cofactor Q_{xx} , en la que se postula la precisión en las ondulaciones del geoide, puede formularse con varias hipótesis estocásticas, según se considere la naturaleza del problema a estudiar (Grafarend, E., Schaffrin, B., 1979). Autores de reconocido prestigio como V. Ashkenazi, P. Vanicek, etc, han preferido utilizar técnicas de simulación que describimos a continuación. Las técnicas de simulación se han utilizado en esta memoria para la determinación de una estructura óptima de la red de nivelación astrogeodésica, y para la definición de un proyecto de geoide para España a partir de redes ideales generadas por ordenador.

A partir de los puntos dato en desviación de la vertical se pueden definir distintas triangulaciones, es decir, diseños o configuraciones de la red, obteniéndose distintos valores de la matriz de configuración A. Planteado así el problema se trata de elegir una configuración que sea óptima en algún sentido, como por ejemplo la minimización de ciertas funcionales que dependan exclusivamente de la matriz A y de la matriz de pesos a priori, esto es, de la matriz normal $N = (A^T P A)$.

La matriz cofactor de las incógnitas Q_{xx} depende únicamente de la matriz A y de las precisiones postuladas a priori por la matriz de pesos $P = Q^{-1}$, pudiéndose determinar sin tener en cuenta los valores observados en los puntos dato. Dicho en otras palabras, se puede conocer sin necesidad de hacer las observaciones la precisión de una red astrogeodésica definida por la matriz cofactor de las ondulaciones incógnita Q_{xx} a partir de la configuración de la red, es decir, de la situación de los puntos en el terreno y de las uniones o pseudoobservaciones entre dichos puntos, y de las precisiones a priori dadas a estas uniones por la matriz Q o P. Estas técnicas llamadas de simulación han sido estudiadas por el autor para redes planas (Núñez-García del Pozo, Alfonso, 1984).

La matriz cofactor es

$$Q_{xx} = (A^T P A)^{-1} = N^{-1} \quad (N \text{ es la matriz normal})$$

y conocida para una configuración (k), $Q_{xx}^{(k)}$. Hay que determinar criterios para poder decidir cuando una configuración (j) con matriz cofactor $Q_{xx}^{(j)}$ es mejor que la configuración (k). Existen varias soluciones en la literatura de diseño óptimo de experi-

mentos, dependiendo de la funcional a minimizar. Así por ejemplo tenemos.

a.- Determinadas las matrices cofactor $Q_{xx}^{(k)}$ y $Q_{xx}^{(j)}$ para dos configuraciones distintas (k) y (j), se puede elegir como mejor la configuración que ofrezca menores elementos en la diagonal principal de la matriz cofactor Q_{xx} . Este procedimiento que puede ser válido en alguna ocasión, no es en general el más apropiado puesto que se pueden tener algunos elementos mayores, otros menores y la elección de la mejor configuración es más complicada y en ocasiones imposible.

b.- Otros criterios se basan en minimizar funcionales obtenidas a partir de la matriz Q_{xx} , tales como, su determinante, su traza, máximo autovalor, condicionamiento de Q_{xx} . Demos brevemente una justificación del uso de estos criterios de optimización.

Consideremos un funcional de los parámetros incógnita \underline{x} , dada por $\underline{f}^T \underline{x}$, y sea su estimación mínimos cuadrados dada

$$\underline{y} = \underline{f}^T \underline{\hat{x}}$$

Para la varianza de \underline{y} se tiene

$$s_y^2 = s_o^2 \underline{f}^T Q_{xx} \underline{f}$$

que queremos minimizar, evidentemente considerando la matriz Q_{xx} como la que define la configuración de la red.

Aplicando a la expresión anterior la desigualdad de Rayleigh dada por

$$\lambda_{\min} \leq \frac{\underline{f}^T Q_{xx} \underline{f}}{\underline{f}^T \underline{f}} \leq \lambda_{\max}$$

siendo λ_{\max} y λ_{\min} los autovalores máximo y mínimo de la matriz Q_{xx} , luego

$$\hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{f}} \lambda_{\min} \leq s_y^2 \leq \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{f}} \lambda_{\max}$$

y desde luego para que s_y^2 sea mínimo se tiene que verificar que el máximo autovalor de Q_{xx} sea mínimo.

Por otro lado podemos escribir

$$s_y^2 = \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T Q_{xx} \underline{\underline{f}} = \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T H \Lambda H^T \underline{\underline{f}} = \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T \left(\sum \lambda_i \underline{\underline{h}}_i \underline{\underline{h}}_i^T \right) \underline{\underline{f}}$$

siendo $\underline{\underline{h}}_i$ el autovector relativo al autovalor λ_i de la matriz Q_{xx} , H la matriz de autovectores y Λ la matriz de autovalores diagonal de Q_{xx} . De la última expresión se deduce utilizando las propiedades del producto escalar de vectores,

$$s_y^2 = \hat{s}_{\underline{f}}^2 \sum \lambda_i \underline{\underline{f}}^T \underline{\underline{h}}_i \underline{\underline{h}}_i^T \underline{\underline{f}} = \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T \sum \lambda_i \cos^2(\underline{\underline{f}}, \underline{\underline{h}}_i)$$

Así se puede interpretar la varianza s_y^2 como la suma ponderada de unas ciertas cantidades con pesos los autovalores λ_i . Luego puesto que la función coseno está comprendida entre 0 y 1

$$s_y^2 \leq \hat{s}_{\underline{f}}^2 \underline{\underline{f}}^T \sum \lambda_i$$

y para que la varianza de la cantidad y sea mínima interesa que la traza de la matriz Q_{xx} dada por la suma de sus autovalores sea mínima, es decir

$$\sum \lambda_i = \text{traza}(Q_{xx}) = \text{mínimo.}$$

La demostración de la minimización del determinante y el condicionamiento de la matriz Q_{xx} se puede hacer de forma similar y aquí no lo vamos a hacer (Núñez-García del Pozo, Alfonso y Bada de Cominges, Belén, 1985).

c.- Consideremos las matrices cofactor $Q_{xx}^{(j)}$ y $Q_{xx}^{(k)}$ correspondientes a las configuraciones (j) y (k) respectivamente, enton-

ces si para cualquier vector \underline{v} se verifica que

$$\underline{v}^T Q_{xx}^{(j)} \underline{v} \leq \underline{v}^T Q_{xx}^{(k)} \underline{v}$$

la configuración (j) es mejor en el sentido de Baarda que la (k) y además los autovalores de la matriz $Q_{xx}^{(j)} - Q_{xx}^{(k)}$ son menores que la unidad. Por tanto el problema de optimización de redes geodésicas, fundamental en todos los órdenes, se reduce al estudio de los autovalores de la matriz Q_{xx} .

4.7.- Problemas de control.

Uno de los problemas clásicos en redes geodésicas es el control de estas, con el fin de que la propagación de errores no llegue a producir grandes alteraciones en los resultados de la compensación. Pongamos unos ejemplos de orden geodésico para demostrar la importancia de este tema. Las redes de primer orden observadas con triangulación son localmente muy precisas, así entre vértices separados 30-40 kms se puede hablar de precisiones relativas de unos 4-6 cms. Ahora bien, si no se tiene un buen control en escala y orientación con medida de distancias y acimutes astronómicos o con métodos espaciales esta precisión local se pierde para grandes redes, llegándose a los extremos con errores de metros. En cuanto a redes de orden inferior, segundo, tercer y cuarto orden, el control se define a base de puntos fijos de primer orden para las redes de segundo orden, primer y segundo orden para las de tercero, y de primero, segundo y tercer orden para los de cuarto. Supongamos que no existe control de primer orden ni de segundo orden para una red de tercer orden, caso insólito en geodesia, pero que se está dando en la actualidad en nuestro país, en donde se está haciendo tercer orden en

determinadas zonas sin el control de ordenes superiores, lo que puede llevar a errores de muchos metros en la determinación de las coordenadas de los puntos, puesto que el tercer orden se hace a base exclusivamente de triangulación y el error angular de una dirección es de unos 10 segundos centesimales, así que al pasar 20 triángulos sin control se llega a errores en orientación de unos 2 minutos, cantidad nada despreciable. En escala el error se propaga en la misma cantidad siendo los resultados de esta nueva técnica de observación totalmente desastrosos.

En el caso de la determinación astrogeodésica del geoide se suele conocer o suponer conocida la ondulación del geoide en uno de los puntos de la red, lo que sirve para determinar la escala del modelo. Ahora bien, a medida que nos separemos del punto fundamental los errores se van acumulando en base a la ley de propagación de varianzas-covarianzas, pudiendo llegar a ser para zonas grandes importantes a nivel global. Matematicamente la falta de control en una red geodésica se traduce en un mal condicionamiento de la matriz normal N , esto es, su determinante es una cantidad próxima a cero, o bien, su número de condición dado por

$$c_N = \lambda_{\max}(N) / \lambda_{\min}(N)$$

es muy grande, lo que equivale a que los autovalores de la matriz N más pequeños son próximos a cero.

Consideremos el sistema normal

$$N\hat{x} = \underline{n} \quad (4.7.1)$$

y sea $\underline{\xi}$ una pequeña perturbación en el vector de observaciones, lo que se traduce en una perturbación en el vector $\underline{n} = A^T P \underline{t}$,

Sea $\underline{\delta}$ la perturbación $A^T P \underline{\xi}$, y consideremos el sistema normal perturbado

$$N(\underline{\hat{x}} + \underline{w}) = \underline{n} + \underline{\delta} \quad (4.7.2)$$

Suponiendo N no singular, los sistemas (4.7.1) y (4.7.2) tienen solución única. Introduzcamos la notación

$$\delta \underline{\hat{x}} = \|\underline{w}\| / \|\underline{\hat{x}}\| \quad \text{y} \quad \delta \underline{n} = \|\underline{\delta}\| / \|\underline{n}\|$$

se demuestra sin dificultad que, (Voïerodine, V. 1980) que

$$\|\delta \underline{\hat{x}}\| \leq \lambda_{\max}(N) \|\delta \underline{n}\| / \lambda_{\min}(N) = c_N |\delta \underline{n}|$$

Ahora bien, puesto que c_N en el caso de mal condicionamiento de la matriz normal N es un número grande, puede darse que para una perturbación pequeña $\underline{\xi}$ de \underline{t} (vector de observaciones) se tenga una variación grande en la solución normal $\underline{\hat{x}}$. Dicho en términos geodésicos, una variación pequeña en la variación de la vertical puede tener una influencia no despreciable en la determinación del geoide, sobre todo en los puntos alejados del punto origen.

El control del geoide astrogeodésico se hace normalmente con datos de satélites. Supongamos que en una serie de puntos de la red astrogeodésica se han efectuado observaciones de satélites por técnicas Doppler, como es en el caso que nos ocupa. El resultado de estas observaciones es un conjunto de coordenadas referidas a un sistema de referencia tridimensional y geocéntrico dadas por $(X, Y, Z)_D$. Según se habló en el capítulo segundo conocidos los parámetros de transformación óptimos que relacionan el sistema de referencia de satélites con el sistema de referencia geodésico local respecto del cual se calculan las componentes de la desviación de la vertical, se puede pasar de las coordenadas cartesianas

doppler a las referidas al sistema geodésico,

$$(X, Y, Z)_D \xrightarrow{T} (X, Y, Z)_G$$

mediante una transformación T que es la composición de una traslación (X_0, Y_0, Z_0) , un cambio de escala dL y una rotación $(\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z)$. Determinadas las correspondientes coordenadas $(X, Y, Z)_G$ transformadas, se pueden calcular las coordenadas geodésicas $(\varphi, \lambda, h)_G$ y conocida la cota ortométrica H de los puntos en cuestión, la ondulación del geoide obtenida por técnicas espaciales y convenientemente transformada al sistema geodésico es

$$N = h_G - H \quad (4.7.3)$$

Por tanto se tiene la ondulación del geoide respecto al sistema de referencia geodésico de una serie de puntos de la red N_1, \dots, N_p con una precisión de ± 1 metro a ± 5 metros (apéndice 2), dependiendo de la precisión en la determinación de la cota ortométrica H y del tipo de reducción y cálculo de las coordenadas doppler, efemérides transmitidas, precisas, arco corto, traslocación, etc. Aquí supondremos que la cota ortométrica H ha sido determinada por nivelación de precisión y que las observaciones doppler han sido calculadas por punto aislado y reducidas con efemérides precisas, lo que puede garantizar una precisión de 1 metro en la ondulación del geoide obtenida por satélites.

Localmente da más precisión la determinación del geoide a partir de datos de desviación de la vertical (del orden de 0.10 a 0.20 metros) y por tanto el espaciamiento de los puntos de control doppler debe ser lo suficiente para que el modelo sea consistente con la realidad física del problema. Normalmente, la distancia entre puntos de control para redes astrogeodésicas lo

suficientemente densas (puntos dato en desviación de la vertical cada 25 o 30 kms) no debe ser menor de 300 kms.

El control se puede efectuar de dos formas distintas, considerando fijos los puntos doppler, es decir, imponiendo condiciones del tipo, valor de N en el punto k es N_k , o bien introduciendo observaciones, con un peso adecuado a la precisión supuesta a las coordenadas doppler, y en particular a las ondulaciones del geoide (4.7.3), de diferencias de ondulación del geoide de la forma

$$N_i - N_j = \Delta N_{ij} + v_{ij}$$

siendo ΔN_{ij} la diferencia de ondulaciones entre los dos puntos de control. Desarrollemos la formalización matemática de estas dos formas de introducir el control doppler o de cualquier otra técnica espacial en el modelo astrogeodésico de Helmert.

Consideremos el modelo con ecuaciones de condición que puede formularse

$$\begin{aligned} A\underline{x} - \underline{t} &= \underline{v}, \quad \underline{v} \sim N(0, s_0^2 Q) \\ C^T \underline{x} &= \underline{t}_c \end{aligned} \quad (4.7.4)$$

donde las condiciones se expresan por $C^T \underline{x} = \underline{t}_c$. El problema de mínimos cuadrados es encontrar $\hat{\underline{x}}$ tal que minimice la forma cuadrática $(A\underline{x} - \underline{t})^T P (A\underline{x} - \underline{t})$, sujeto a las condiciones dadas por $C^T \underline{x} = \underline{t}_c$.

En el caso que nos ocupa de determinación astrogeodésica del geoide C^T es una matriz (p, n) , para p puntos conocidos en ondulación del geoide. Siguiendo el apéndice 3 en el que se estudian los modelos lineales, la solución mínimos cuadrados se obtie-

ne vía multiplicadores de Lagrange por

$$\begin{pmatrix} A^T P A & C^T \\ C & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \underline{\lambda} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P t \\ \underline{t}_C \end{pmatrix}$$

donde \hat{x} es la solución mínimos cuadrados sujeta a $C\hat{x} = \underline{t}_C$ y $\underline{\lambda}$ es el vector de multiplicadores de Lagrange.

Ahora bien el modelo (4.7.4) debe ser chequeado, es decir, comprobar que las condiciones $Cx = \underline{t}_C$ sean compatibles con el modelo lineal Gauss-Markov $Ax - t = v$. A este fin consideremos la hipótesis lineal general en la forma,

$$H: Cx = \underline{t}_C$$

y se pretende determinar si dicha hipótesis H se verifica a un cierto nivel de confianza $(1-\alpha)$, para lo cual sea el estadístico $F(H)$ definido por (Apéndice 3),

$$F(H) = (m-n)R_H/pR,$$

siendo

$$R_H = (C\hat{x} - \underline{t}_C)^T (C(A^T P A)^{-1} C^T)^{-1} (C\hat{x} - \underline{t}_C)$$

$$R = (A\hat{x} - \underline{t})^T P (A\hat{x} - \underline{t}) = \hat{s}_0^2 (m-n)$$

entonces el estadístico $F(H)$ sigue una distribución F de Snedecor con parámetros $p, (m-n)$, y parámetro de no centralidad λ dado por

$$\lambda = (Cx - \underline{t}_C)^T (C(A^T P A)^{-1} C^T)^{-1} (Cx - \underline{t}_C) / 2s_0^2$$

Cuando la hipótesis H se verifica, la distribución de $F(H)$ es central (parámetro de no centralidad nulo), luego la hipótesis a chequear es que el estadístico $F(H)$ siga una distribución $F_{p, (m-n)}$ a un nivel de confianza $(1-\alpha)$.

Otro procedimiento equivalente a este aunque estadísticamente menos riguroso es el siguiente. Se introducen los puntos con ondulaciones del geode conocidas como puntos fijos y testear el valor de la estimación de la varianza de peso unidad, a fin de determinar si con los puntos fijos se han introducido sistematismos en el modelo. Esto es, si para un ajuste sin constreñimientos (un punto fijo para definir la escala del modelo), para una matriz de varianzas-covarianzas a priori de las observaciones s_{OQ}^2 se verifica la hipótesis $H: \hat{s}_O^2 = s_O^2$, debe también verificarse para la misma s_{OQ}^2 a priori en el caso de introducir puntos fijos.

La segunda hipótesis de trabajo que geodesicamente es más correcta, puesto que las anteriores suponen que las ondulaciones via satélites están libres de errores, es considerar las diferencias de ondulación como relaciones de observación con una cierta ponderación de acuerdo a la consistencia que se dé a las observaciones espaciales y testear si dichas observaciones producen errores groseros según el apartado 4.3 y si la ponderación dada es la adecuada.

En este trabajo se han probado ambas soluciones no dando resultados distintos significativos, quizás debido a que Portugal es un país de pequeñas dimensiones y el control por técnicas doppler a base de únicamente dos puntos, uno en el norte y otro en el sur no sea suficientemente condicionante o restrictivo.

4.8.- Ajuste libre para la determinación del geode.

En una red astrogeodésica para la determinación del geode, asimilable teóricamente a una red de nivelación, si no se introducen puntos fijos la matriz de configuración tiene un defecto de

rango igual a 1, que evidentemente se evita con el conocimiento de la ondulación del geode en un punto. En términos geodésicos esto se traduce en que si únicamente se conocen diferencias de ondulación, no se pueden determinar a partir de estas diferencias ondulaciones del geode.

Matemáticamente este hecho es fácilmente contrastable. Una red de nivelación se puede asimilar a la discretización de una ecuación diferenciable de primer grado, y esta tiene infinitas soluciones dependiendo del valor de la constante de integración.

En este apartado vamos a tratar el problema de ajuste libre en la determinación del geode, suponiendo que la deficiencia de rango en la matriz de diseño A no procede de una mala configuración de la red astrogeodésica, sino de la ausencia de puntos fijos que definan la escala del modelo.

Consideremos una red geodésica en general definida por el modelo de Gauss-Markov,

$$A\mathbf{x} - \mathbf{t} = \mathbf{v} \quad (4.8.1)$$

donde A es una matriz (m,n), \mathbf{x} el vector de parámetros a estimar (n,1), \mathbf{t} el vector de observaciones (m,1) y \mathbf{v} el vector de correcciones o residuos. El modelo (4.8.1) verifica ciertas propiedades estocásticas postuladas en

$$\mathbf{v} \sim N(\mathbf{0}, s_0^2 \mathbf{Q}), \quad \mathbf{t} \sim N(A\mathbf{x}, s_0^2 \mathbf{Q}) \quad (4.8.2)$$

siendo Q una matriz definida positiva (m,m) y s_0^2 el factor de varianza a priori.

Sea $r = \text{rango}(A)$, con $r < n$ y $r+s=n$, entonces la matriz A tiene un defecto de rango igual a s, es decir, s de sus columnas son combinación lineal de las restantes, y por tanto el núcleo de

A , $\text{Ker}(A)$ es un espacio vectorial de dimensión s .

En estas condiciones el método de mínimos cuadrados que exige la minimización de la forma cuadrática $(A\underline{x} - \underline{t})^T P (A\underline{x} - \underline{t})$ con $P = Q^{-1}$, la matriz de pesos, nos lleva al sistema normal

$$\begin{aligned} (A^T P A) \underline{\hat{x}} &= A^T P \underline{t} \\ N \underline{\hat{x}} &= \underline{n}, \quad N = (A^T P A), \quad \underline{n} = A^T P \underline{t} \end{aligned} \quad (4.8.3)$$

siendo N la matriz normal.

Si la matriz A tiene un defecto de rango igual a s , también lo tiene la matriz normal N , puesto que P por hipótesis es definida positiva.

Siguiendo el apéndice 3 la ecuación lineal (4.8.3) tiene infinitas soluciones mínimos cuadrados, dependiendo de la g -inversa N^- de N elegida. Las infinitas soluciones mínimos cuadrados son

$$\underline{\hat{x}} = N^- \underline{n} + (I - N^- N) \underline{z} \quad (4.8.4)$$

siendo \underline{z} un vector arbitrario. Cuando la matriz N es de rango completo $(I - N^- N) = (I - N^{-1} N) = 0$, y la solución mínimos cuadrados es única y dada por $\underline{\hat{x}} = N^{-1} \underline{n}$.

La matriz $(I - N^- N)$ es simétrica puesto que N lo es e idempotente, pues

$$\begin{aligned} (I - N^- N)(I - N^- N) &= I - N^- N - N^- N + N^- N N^- N = \\ &= I - 2N^- N + N^- N = (I - N^- N) \end{aligned}$$

para cualquier g -inversa N^- para la que se verifica $NN^-N = N$.

La ecuación (4.8.4) se puede también escribir como

$$\underline{\hat{x}} = A_m^- \underline{t} + (I - A_m^- A) \underline{z}$$

con

$$A_m = (A^T P A)^{-1} A^T P = N^{-1} A^T P$$

y

$$A_m A = N^{-1} A^T P A = N^{-1} N$$

Sea G una g -inversa arbitraria de N , es decir, $NGN = N$ y sea \hat{x}_G la solución de (4.8.3) para dicha g -inversa

$$\hat{x}_G = G \underline{n} = G A^T P \underline{t} = A_m \underline{t}, \text{ con } A_m = G A^T P$$

La elección de G es arbitraria, pudiendo ser en particular la matriz pseudoinversa N^+ , pero de momento no es necesario caracterizar la matriz G para los razonamientos que siguen a continuación. Más adelante para el caso de redes geodésicas la matriz G puede caracterizarse por N^+ de forma natural, debido al conocimiento de constreñimientos por la propia geometría de la red.

La estimación \hat{x}_G no es centrada y por tanto \hat{x}_G no es un estimador de \underline{x} , puesto que

$$E(\hat{x}_G) = G A^T P E(\underline{t}) = G A^T P A \underline{x} = G N \underline{x} = H \underline{x}$$

con $H = GN$ que es una matriz idempotente, pues

$$HH = GNGN = GN = H,$$

luego el sesgo de la estimación es $H\underline{x}$, y \hat{x}_G es un estimador de $H\underline{x}$, pero no de \underline{x} .

La matriz de varianzas-covarianzas de la estimación \hat{x}_G es

$$\text{var}(\hat{x}_G) = G N G^T s_o^2 = G N G s_o^2, \text{ pues } G^T = G$$

Ahora bien, y esto es fundamental, las estimaciones $\underline{\hat{t}}$, $\underline{\hat{v}}$, $\underline{\hat{s}}_c^2$ dadas por

$$\underline{\hat{v}} = A \hat{x}_G - \underline{t}, \underline{\hat{t}} = A \hat{x}_G, \underline{\hat{s}}_o^2 = \underline{\hat{v}}^T P \underline{\hat{v}} / (m - \text{rango}(A))$$

son centradas,

$$E(\hat{v}) = AE(\hat{x}_G) - E(\underline{t}) = AGN\underline{x} - \underline{Ax} = \underline{Ax} - \underline{Ax} = 0 = E(\underline{v})$$

pues $AGN = A$, para cualquier g -inversa G de N .

$$E(\underline{f}) = AE(\hat{x}_G) = AGN\underline{x} = \underline{Ax} = E(\underline{t})$$

y finalmente según se ha demostrado en el apéndice 3 de estimación en modelos lineales

$$E(\hat{s}_0^2) = s_0^2$$

Por tanto \hat{v} , \underline{f} , \hat{s}_0^2 son estimadores de \underline{v} , \underline{t} y s_0^2 , luego no dependen de la elección de la g -inversa G ni de la solución \hat{x}_G . Este hecho es fundamental en aplicaciones geodésicas, puesto que el tratamiento de redes libres permite la determinación de la calidad de las observaciones sin ningún tipo de constreñimientos a priori, generalmente dados por puntos fijos, que pueden perturbar la compensación y enmascarar la precisión intrínseca de esta.

De la misma forma las cantidades $A\hat{x}_G$, $N\hat{x}_G$, $H\hat{x}_G$ son también estimadores de \underline{Ax} , \underline{Nx} , \underline{Hx} , pues

$$E(A\hat{x}_G) = AE(\hat{x}_G) = AGN\underline{x} = \underline{Ax}$$

$$E(N\hat{x}_G) = NE(\hat{x}_G) = NGN\underline{x} = \underline{Nx}$$

$$E(H\hat{x}_G) = HE(\hat{x}_G) = GNGN\underline{x} = \underline{Hx}$$

y se deduce que las cantidades $A\hat{x}_G$, $N\hat{x}_G$, $H\hat{x}_G$ son invariantes respecto de G y de \hat{x}_G , es decir no dependen de la elección de la g -inversa G y tampoco de la solución mínimos cuadrados \hat{x}_G .

Consideremos por lo tanto la solución particular mínimos cuadrados y mínima norma que según sabemos es única (apéndice 3),

$$\underline{x}^+ = N^+ \underline{n} = N^+ A^T P \underline{t} = A^+ \underline{t}, \text{ con } A^+ = N^+ A^T P$$

En este caso la matriz $H = N^+ N = A^+ A$ es idempotente y simétrica, y $A^+ A x^+$ es un estimador de $A^+ A \underline{x}$.

En geodesia se denomina al operador matricial H que transforma cantidades no estimables en cantidades estimables S -transformación en el sentido de Baarda. Ahora bien para cualquier g -inversa A^- de A , se tiene

$$A^+ A \underline{x}^+ = A^- A \underline{x}$$

Llamemos a la matriz $A^+ A$ por S , que es una matriz (n,n) de rango r , siendo $r = \text{rango}(A)$, y

$$S \underline{x}^+ = A^+ A A^+ \underline{t} = A^+ \underline{t} = \underline{x}^+ \quad (4.8.6)$$

puesto que $A^+ A A^+ = A^+$, luego $E(S \underline{x}^+) = E(\underline{x}^+)$, es decir, el vector \underline{x}^+ es un estimador de $S \underline{x}$, y se le denomina normalmente vector de coordenadas intrínsecas de la red.

La matriz de varianzas-covarianzas de la estimación \underline{x}^+ es

$$\text{var}(\underline{x}^+) = N^+ N N^+ s_0^2 = N^+ s_0^2 \quad (4.8.7)$$

y la varianza de $S \underline{x}^+$ ha de coincidir necesariamente con la de \underline{x}^+

$$\begin{aligned} \text{var}(S \underline{x}^+) &= S N^+ N N^+ s_0^2 = N^+ N N^+ N N^+ s_0^2 = N^+ s_0^2 = \\ &= \text{var}(\underline{x}^+) \end{aligned}$$

Se ha elegido como solución particular de (4.8.3) y única \underline{x}^+ , solución mínimos cuadrados y mínima norma, via la matriz pseudoinversa N^+ o A^+ , obteniéndose que dicha solución es un estimador de $S \underline{x}$, con $S = A^+ A = N^+ N$, y $s_0^2 N^+$ es la matriz varianzas-covarianzas de la estimación. Ahora bien $A^+ = N^+ A^T P$, luego

$$A^+ Q A^{+T} = N^+ A^T P Q P A N^+ = N^+ N N^+ = N^+$$

y

$$\text{var}(\underline{x}^+) = s_0^2 N^+ = s_0^2 A^+ Q A^{+T}$$

En términos geodésicos una red libre es un conjunto de puntos entre los que se han realizado unas observaciones que no están ligadas a ningún sistema de referencia. Así por ejemplo, consideremos una red bidimensional plana, el sistema de referencia queda definido por las coordenadas de al menos un punto de la red, la orientación y la distancia entre dos de sus puntos. En el método de variación de coordenadas esto se consigue fijando un punto de la red, es decir, dando coordenadas definitivas a dicho punto, con un acimut que define la orientación y una distancia que define la escala. Vamos a dar a continuación el caso de la nivelación astrogeodésica para la determinación del geoide que es como hemos dicho anteriormente asimilable a una red de nivelación.

Consideremos una red de nivelación astrogeodésica en donde no se toma ningún punto fijo en ondulación del geoide, por tanto la escala del modelo se desconoce. El defecto de rango de la matriz A es igual a 1, $\text{rango}(A) = n - s = n - 1$, para $s = 1$.

Todas las infinitas soluciones mínimos cuadrados de (4.8.3) están relacionadas mediante una transformación del tipo

$$\hat{x}_2 - \hat{x}_1 = \underline{L}^T k,$$

siendo k un escalar y $\underline{L} = (1, \dots, 1)^T$.

Ahora bien, el conjunto de soluciones mínimos cuadrados es de la forma

$$\hat{x} = \bar{N} \bar{n} + (I - \bar{N} \bar{N}) \underline{z} = \bar{A}_m \underline{t} + (I - \bar{A}_m \bar{A}) \underline{z}$$

para \underline{z} un vector arbitrario. Luego

$$\hat{x}_2 - \hat{x}_1 = (I - \bar{N} \bar{N}) (\underline{z}_2 - \underline{z}_1)$$

e igualando ambas cantidades se obtiene

$$(I - N^{-1}N)(\underline{z}_2 - \underline{z}_1) = (I - N^{-1}N)\underline{h} = \underline{L}^T \underline{k}$$

para un vector $(n,1)$ \underline{h} .

Ahora bien $(I - N^{-1}N) = (I - A^{-1}A)$ es un espacio vectorial de dimensión $s = 1$, que coincide con $\text{Ker}(A) = \text{Ker}(N)$ y por tanto el vector \underline{L} es una base de dicho espacio, o equivalentemente, el vector \underline{L} linealmente independiente con respecto a las columnas de A o N . Consideremos la matriz

$$\underline{LL}^+ = L(L^T L)^{-1} L^T = \frac{1}{n} \begin{pmatrix} 1 & \dots & 1 \\ 1 & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

luego el vector \underline{L} es una base para el espacio vectorial formado por las columnas de \underline{LL}^+ , y el espacio vectorial formado o generado por las columnas de $(I - N^{-1}N)$ es el mismo que el generado por las columnas de \underline{LL}^+ , por tanto se obtiene el mismo resultado al aplicar a un vector la transformación $(I - S) = (I - N^{-1}N)$ que al aplicar \underline{LL}^+ , es decir

$$(I - S)\underline{z} = \underline{LL}^+ \underline{z}, \text{ para todo } \underline{z} (n,1)$$

$$(I - S) = \underline{LL}^+ \longrightarrow S = I - \underline{LL}^+$$

Se concluye que para una red de nivelación astrogeodésica libre la matriz S de Baarda viene dada por

$$S = \begin{pmatrix} (n-1)/n & -1/n & \dots & -1/n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ -1/n & -1/n & \dots & (n-1)/n \end{pmatrix}$$

Para cualquier solución mínimos cuadrados $\hat{\underline{x}}_G$ se tiene

$$S \hat{\underline{x}}_G = \underline{x}^+$$

Vamos a continuación a encontrar el constreñimiento minimal para una red libre de nivelación astrogeodésica. Se tiene que

$$S\hat{x}_G = (I - \underline{L}\underline{L}^+) \hat{x}_G = \hat{x}_G - \underline{L}\underline{L}^+ \hat{x}_G = \underline{x}^+$$

y multiplicando por \underline{L}^T ,

$$\underline{L}^T \hat{x}_G - \underline{L}^T \underline{L}\underline{L}^+ \hat{x}_G = \underline{L}^T \underline{x}^+ \longrightarrow \underline{L}^T \underline{x}^+ = \underline{L}^T \hat{x}_G - \underline{L}^T \hat{x}_G = \underline{0}$$

puesto que

$$\underline{L}^T \underline{L}\underline{L}^+ = (1, \dots, 1) \begin{pmatrix} 1/n & \dots & 1/n \\ 1/n & \dots & 1/n \end{pmatrix} = (1, \dots, 1) = \underline{L}^T$$

luego

$$\underline{L}^T \underline{x}^+ = \underline{0}$$

y es lícito buscar la solución mínimos cuadrados y mínima norma desde el problema de minimizar la forma cuadrática $(\underline{t} - A\underline{x})^T P (\underline{t} - A\underline{x})$, sujeto a la restricción $\underline{L}^T \underline{x} = 0$. El método de multiplicadores de Lagrange da la solución del sistema normal por

$$\begin{cases} A^T P A \underline{x}^+ + \underline{L} k = A^T P \underline{t} \\ \underline{L}^T \underline{x}^+ = 0 \end{cases}$$

o en forma matricial

$$\begin{pmatrix} A^T P A & \underline{L} \\ \underline{L}^T & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \underline{x}^+ \\ k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P \underline{t} \\ 0 \end{pmatrix}$$

siendo la matriz

$$\begin{pmatrix} A^T P A & \underline{L} \\ \underline{L}^T & 0 \end{pmatrix}$$

no singular y por lo tanto invertible por métodos clásicos,

$$\begin{pmatrix} A^T P A & \underline{L} \\ \underline{L}^T & 0 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} N^+ & \underline{H} \\ \underline{H}^T & 0 \end{pmatrix}$$

verificándose

$$N N^+ N = N$$

$$N^+ N N^+ = N^+$$

$$N^+ \underline{L} = \underline{0}$$

$$\underline{L}^T N = \underline{0}$$

$$N \underline{L} = \underline{0}$$

Digamos finalmente que el enfoque de tratamiento de redes libres a partir de conjuntos de constreñimientos minimales ha sido desarrollado y puesto en práctica en la Universidad Complutense de Madrid por el Instituto de Astronomía y Geodesia, y por el autor de esta memoria en el I.G.N. para tratamiento de deformaciones de la corteza terrestre por métodos geodésicos.

CAPITULO 5

Métodos de aproximación polinómica.

5.1.- Descripción del método.

Un método sencillo presentado por P. Vaniceck y C.L. Merry (1975) para el estudio local del geoide se basa en el ajuste de un polinomio a los datos disponibles en ondulación del geoide y desviación de la vertical, que minimice una cierta funcional (método de los mínimos cuadrados). Originalmente el método se propuso para datos homogéneos (componentes de la desviación de la vertical), aquí vamos a hacer una amplia discusión sobre la aplicación de este método a datos heterogéneos (ondulaciones del geoide y componentes de la desviación de la vertical). La idea inicial dada por Vaniceck y Merry era introducir la escala, es decir la ondulación del geoide en un punto como ecuación de condición a fin de determinar el término independiente del polinomio a ajustar. Se discutirá más adelante esta forma de introducir la escala y daremos en función de los datos disponibles otras posibilidades.

Este método tiene inconvenientes aunque presenta también grandes ventajas debidas a su sencillez en el tratamiento de los datos, su rapidez de cómputo y sobre todo la posibilidad de calcular la ondulación del geoide en cualquier punto de la zona tratada puesto que la representación es analítica. Entre los inconvenientes se pueden distinguir los siguientes: la elección del grado del polinomio a ajustar, es decir, la elección del polinomio óptimo, la resolución del sistema de ecuaciones normales puede presentar problemas de mal condicionamiento de la matriz normal o de Gram del

ajuste, y por último digamos que al crecer el grado del polinomio pueden surgir inestabilidades de tipo numérico.

1.- Modelo para datos homogéneos.

Sea una cierta región T en donde se han efectuado observaciones astronómicas de latitud y longitud y se tienen por tanto determinadas las componentes de la desviación de la vertical en una serie de puntos P_k , $k=1, \dots, m$, (ξ_k, η_k) con pesos a priori (w_{ξ_k}, w_{η_k}) .

Introduzcamos sobre R^m una métrica mediante el producto escalar

$$x, y = \sum_{i=1}^m x_i y_i w_i \quad x, y \in R^m \quad (5.1.1)$$

y la norma correspondiente

$$x^2 = \sum_{i=1}^m x_i^2 w_i \quad x \in R^m \quad (5.1.2)$$

planteando el problema de la siguiente forma.

La ondulación del geode se representa mediante un polinomio de grado n en dos variables,

$$N(x, y) = P_n(x, y) = \sum_{i, j=1}^n a_{ij} x^i y^j \quad (5.1.3)$$

donde las coordenadas (x, y) están referidas a un sistema local definido por

$$x = R (\varphi - \varphi_0)$$

$$y = R \cos \varphi (\lambda - \lambda_0)$$

siendo (φ_0, λ_0) el origen de coordenadas que puede tomarse por ejemplo el centro de masas de los puntos dato y R es un

radio terrestre medio de la zona considerada.

Puesto que ξ , η son cantidades de primer orden podemos escribir,

$$\begin{aligned} - \operatorname{tag} \xi(x, y) &= -\xi(x, y) = \frac{\partial N}{\partial x}(x, y) = \frac{\partial P_n}{\partial x}(x, y) \\ - \operatorname{tag} \eta(x, y) &= -\eta(x, y) = \frac{\partial N}{\partial y}(x, y) = \frac{\partial P_n}{\partial y}(x, y) \end{aligned} \quad (5.1.4)$$

y se quieren determinar los coeficientes del polinomio P_n , $a_{ij}, i=1, \dots, n, j=1, \dots, n$ de forma que la funcional cuadrática

$$\begin{aligned} P(a_{00}, a_{10}, \dots, a_{nn}) &= \left\langle \xi + \frac{\partial P_n}{\partial x}, \xi + \frac{\partial P_n}{\partial x} \right\rangle + \\ &\left\langle \eta + \frac{\partial P_n}{\partial y}, \eta + \frac{\partial P_n}{\partial y} \right\rangle = \left\| \xi + \frac{\partial P_n}{\partial x} \right\|^2 + \left\| \eta + \frac{\partial P_n}{\partial y} \right\|^2 \end{aligned}$$

sea mínima, lo que nos lleva tras un sencillo cálculo al sistema de ecuaciones normales

$$\begin{aligned} \sum_{\substack{s, r=0 \\ s+r \neq 0}}^n \left[a_{sr} \langle x^{s+i-2}, y^{r+j} \rangle_{is} + \langle x^{s+1}, y^{r+j-2} \rangle_{rj} \right] = \\ = -(i \langle \xi, x^{i-1} y^j \rangle + j \langle \eta, x^i y^{j-1} \rangle) \\ i, j = 1, \dots, n \quad i + j \neq 0. \end{aligned} \quad (5.1.5)$$

Ahora bien el coeficiente a_{00} del polinomio P_n queda indeterminado en las ecuaciones (5.1.5), determinándose por una condición tal como la ondulación del geocide en un punto de T

$$F(x', y') = \sum_{\substack{i, j=0 \\ i+j \neq 0}}^n a_{ij} x'^i y'^j = a_{00} \quad (5.1.6)$$

lo que determina la escala del modelo.

Escribiendo las ecuaciones normales de la forma

$$N \hat{x} = d, \quad (5.1.7)$$

siendo N la matriz normal, x el vector de coeficientes incógnitas y d el vector de cantidades observadas. La solución de mínimos cuadrados es

$$\hat{x} = N^{-1} d \quad (5.1.8)$$

única siempre que, $2m \geq (n+1)^2 - 1$, puesto que $(n+1)^2$ es el número de coeficientes a determinar y a_{00} se determina mediante una condición.

La matriz de varianzas-covarianzas de las incógnitas viene dada por

$$C_{\hat{x}\hat{x}} = \hat{\sigma}_0^2 N^{-1} \quad (5.1.9)$$

siendo $\hat{\sigma}_0^2$ la varianza de peso unidad del ajuste dada por

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{\|\partial \hat{P}_n / \partial x + \xi\|^2 + \|\partial \hat{P}_n / \partial y + \eta\|^2}{2m - (n+1)^2 + 1} \quad (5.1.10)$$

y \hat{P}_n es el polinomio estimado

$$\hat{P}_n(x, y) = \sum_{i,j=0}^n \hat{a}_{ij} x^i y^j$$

con a_{ij} la estimación de mínimos cuadrados de los coeficientes del polinomio.

La matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones dada por

$$C_{11} = A C_{xx} A^T \quad (5.1.11)$$

y la matriz de varianzas-covarianzas de los residuales

$$C_{vv} = Q - C_{11}$$

con v_i = residual de la i -ésima observación.

Sea B_N la matriz que tiene por elementos

$$b_{kj} = x_j^{i-1} y_j^{h-1}$$

siendo $k=(i-1)n + h$; $i, h=1, \dots, n+1$ y $j=1, \dots, m$, es decir

B_N es una matriz $(n+1)^2 \times m$. La matriz de varianzas-covarianzas de las ondulaciones del geode estimadas es

$$C_{NN} = B_N C_{xx} B_N^T \quad (5.1.12)$$

puesto que la estimación de las ondulaciones del geode en los puntos dato es

$$\hat{N} = (\hat{N}(x_1, y_1), \dots, \hat{N}(x_m, y_m)) = B_N \hat{x} \quad (5.1.13)$$

De la misma forma para las componentes de la desviación de la vertical ξ, η se tienen resultados análogos.

$$\begin{aligned} \hat{\xi} &= (\hat{\xi}(x_1, y_1), \dots, \hat{\xi}(x_m, y_m)) = B_{\xi} \hat{x} \\ \hat{\eta} &= (\hat{\eta}(x_1, y_1), \dots, \hat{\eta}(x_m, y_m)) = B_{\eta} \hat{x} \end{aligned} \quad (5.1.14)$$

donde las matrices B_{ξ} y B_{η} son

$$B_{\xi} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & n x_1^{n-1} & y_1^n \\ . & . & & . & . \\ . & . & & . & . \\ 1 & 0 & \dots & n x_m^{n-1} & y_m^n \end{pmatrix}$$

$$B_{\eta} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & \dots\dots\dots & n x_1^n y_1^{n-1} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ 0 & 1 & & n x_m^n y_m^{n-1} \end{pmatrix}$$

Por tanto las respectivas matrices de varianzas-covarianzas de las estimaciones de las componentes ξ y η de la desviación de la vertical.

$$\begin{aligned} C_{\xi\xi} &= B_{\xi} C_{xx} B_{\xi}^T \\ C_{\eta\eta} &= B_{\eta} C_{xx} B_{\eta}^T \end{aligned} \quad (5.1.15)$$

El modelo que se ha expuesto para estimar ondulaciones del geode presenta la misma limitación que el método clásico de Helmert, puesto que ha de conocerse a priori la ondulación del geode en un punto para la determinación del coeficiente a_{00} del polinomio de interpolación que defina la escala del geode, imponiéndose esta como ecuación de condición. Vamos a discutir en el siguiente apartado el modelo de aproximación polinómica de ondulaciones del geode a partir de datos heterogéneos, es decir, componentes de la desviación de la vertical y ondulaciones del geode determinadas por métodos de satélites.

5.2.- Modelo para datos heterogéneos.

En este apartado se va a suponer que los dato para la determinación del geode no son unicamente componentes de la desviación de la vertical (ξ, η), sino ondulaciones o diferencias de ondulación del geode, procedentes de observacio-

nes espaciales $N_D, \Delta N_D$ y componentes de la desviación de la vertical y diferencias de ondulación del geoide determinadas gravimetricamente, $(\xi, \eta)_G, \Delta N_G$.

Como ya se ha discutido anteriormente, las componentes de la desviación de la vertical determinadas astrogeodesicamente, como diferencias de las coordenadas astronómicas y geodésicas,

$$\xi_g = (\bar{\varphi} - \varphi), \quad \eta_g = (\Lambda - \lambda) \cos \varphi$$

están referidas a un sistema de referencia local (el de la triangulación), y no coincide en general con los sistemas de referencia globales utilizados en geodesia espacial y gravimetría.

Por tanto, para utilizar esta información para fines de determinación de geoide local, lo primero que hay que hacer es referir toda la información a un sistema de referencia único, que para nuestros fines será el sistema geodésico local. En el apéndice 1 se dan las expresiones que permiten transformar las cantidades (ξ, η) , $N, \Delta N$ por un cambio de DATUM. En nuestro caso se supondrán conocidas las diferencias δa y δe^2 , entre los valores que definen las dimensiones de los distintos elipsoides de referencia, puesto que así ocurre en la práctica.

Las fórmulas que relacionan estas cantidades en función de los parámetros de transformación $(X_0, Y_0, Z_0, w_1, w_2, w_3, dL)$ que relacionan el sistema (1) y (2) son:

$$\xi^{(2)} - \xi^{(1)} = \underline{f}_1^T \underline{Y}$$

$$\eta^{(2)} - \eta^{(1)} = \underline{f}_2^T \underline{Y}$$

$$N^{(2)} - N^{(1)} = \underline{f}_3^T \underline{Y}$$

$$\Delta N^{(2)} - \Delta N^{(1)} = \underline{f}_4^T \underline{Y}$$

con $\underline{y} = (x_0, y_0, z_0, w_1, w_2, w_3, dL)^T$.

Los vectores \underline{f}_i , $i = 1, 2, 3, 4$ vienen dados (Apéndice 1) por,

$$\underline{f}_1 = \begin{pmatrix} -\operatorname{sen} \psi \cos \lambda / (R_1 + h) \\ -\operatorname{sen} \psi \operatorname{sen} \lambda / (R_1 + h) \\ \cos \psi / (R_1 + h) \\ -(a^2 / R_1 + h) \operatorname{sen} \lambda / (R_1 + h) \\ (a^2 / R_1 + h) \cos \lambda / (R_1 + h) \\ 0 \\ e^2 R_1 \operatorname{sen} \psi \cos \psi / (R_1 + h) \end{pmatrix}$$

$$\underline{f}_2 = \begin{pmatrix} -\operatorname{sen} \lambda / (R_2 + h) \cos \psi \\ \cos \lambda / (R_2 + h) \cos \psi \\ 0 \\ (R_1 (1 - e^2) + h) \operatorname{sen} \psi \cos \lambda / (R_2 + h) \cos \psi \\ (R_1 (1 - e^2) + h) \operatorname{sen} \psi \operatorname{sen} \lambda / (R_2 + h) \cos \psi \\ -(R_1 + h) \cos \psi / (R_2 + h) \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\underline{f}_3 = \begin{pmatrix} \cos \psi \cos \lambda \\ \cos \psi \operatorname{sen} \lambda \\ \operatorname{sen} \psi \\ -e^2 R_1 \operatorname{sen} \psi \cos \psi \operatorname{sen} \lambda \\ e^2 R_1 \operatorname{sen} \psi \cos \psi \cos \lambda \\ 0 \\ (R_1 (1 - e^2 \operatorname{sen}^2 \psi) + h) \end{pmatrix}$$

evaluadas en el punto de cómputo P, siendo R_1 y R_2 los radios de curvatura del elipsoide según el meridiano y el paralelo.

Si la diferencia de ondulación del geoide es entre los puntos P y Q se tiene que,

$$\underline{f}_4 = \begin{pmatrix} \cos \varphi_Q \cos \lambda_Q - \cos \varphi_P \cos \lambda_P \\ \cos \varphi_Q \sin \lambda_Q - \cos \varphi_P \sin \lambda_P \\ \sin \varphi_Q - \sin \varphi_P \\ -e^2 R_1(Q) \sin \varphi_Q \cos \varphi_Q \sin \lambda_Q - e^2 R_1(P) \sin \varphi_P \cos \varphi_P \sin \lambda_P \\ e^2 R_1(Q) \sin \varphi_Q \cos \varphi_Q \cos \lambda_Q - e^2 R_1(P) \sin \varphi_P \cos \varphi_P \cos \lambda_P \\ 0 \\ R_1(Q)(1-e^2 \sin^2 \varphi_Q) + h_Q - (R_1(P)(1-e^2 \sin^2 \varphi_P) + h_P) \end{pmatrix}$$

Así, podemos escribir,

$$\begin{aligned} N_D &= N_g + \underline{f}_3^T \underline{y} \\ \Delta N_D &= \Delta N_g + \underline{f}_4^T \underline{y} \\ \varphi_D &= \varphi_g + \underline{f}_1^T \underline{y} \\ \lambda_D &= \lambda_g + \underline{f}_2^T \underline{y} \end{aligned}$$

siendo \underline{y} el vector de parámetros que relaciona el sistema (D) con (g).

De la misma forma,

$$\Delta N_G = \Delta N_g + \underline{f}_4^T \underline{y}'$$

$$\xi_G = \xi_g + \underline{f}_1^T \underline{y}'$$

$$\eta_G = \eta_g + \underline{f}_2^T \underline{y}'$$

siendo \underline{y}' el vector de parámetros que relaciona (G) y (g).

Enfocado así el problema, existen dos posibles soluciones.

a.- Los vectores \underline{y} e \underline{y}' se conocen a priori mediante una transformación tipo Helmert en puntos en donde se tenga información acerca de los sistemas (g), (D), (G). Según el capítulo 2. se pueden determinar los parámetros de transformación entre estos sistemas de referencia, y las cantidades de interés para fines de determinación de geoide pueden ser transformadas al sistema (g),

$$\begin{aligned} (\xi, \eta)_D, N_D, \Delta N_D &\xrightarrow{T(\underline{y})} (\xi, \eta)_g, N_g, \Delta N_g \\ (\xi, \eta)_G, \Delta N_G &\xrightarrow{T(\underline{y}')} (\xi, \eta)_g, \Delta N_g \end{aligned}$$

El planteamiento ahora se efectúa en los términos,

$$\begin{aligned} \xi_D^t &\simeq \xi_g \simeq \sum_i a_{ij} x_P^{i-1} y_P^j \\ \eta_D^t &\simeq \eta_g \simeq \sum_j a_{ij} x_P^i y_P^{j-1} \\ N_D^t &\simeq N_g \simeq \sum a_{ij} x_P^i y_P^j \\ \Delta N_D^t &\simeq \Delta N_g \simeq \sum a_{ij} (x_Q^i y_Q^j - x_P^i y_P^j) \quad i, j = 1, \dots, n \\ \xi_G^t &\simeq \xi_g \simeq \sum_i a_{ij} x_P^{i-1} y_P^j \\ \eta_G^t &\simeq \eta_g \simeq \sum_j a_{ij} x_P^i y_P^{j-1} \\ \Delta N_G^t &\simeq \Delta N_g \simeq \sum a_{ij} (x_Q^i y_Q^j - x_P^i y_P^j) \end{aligned}$$

Trabajando con esta hipótesis se supone que la transformación de los sistemas (D) y (G) al (g), mediante los parámetros conocidos y e y' ofrece las suficientes garantías, como para dar por buenas las cantidades transformadas. El problema reside ahora en establecer un sistema de pesos adecuados y coherente con la precisión de las cantidades observadas, o determinadas a partir de otras observaciones efectuadas por métodos espaciales y gravimétricos, y evidentemente de la precisión con que se ha determinado la transformación de sistemas de referencia. Según el capítulo 2 se puede escribir para cualquier cantidad transformada c^t , de C ,

$$c^t = C + \underline{f}_i^T y,$$

y por tanto,

$$s^2(c^t) = s^2(C) + \underline{f}_i^T C_{yy} \underline{f}_i,$$

siendo C_{yy} la matriz de varianzas-covarianzas de la transformación. Por tanto, la varianza de la cantidad transformada es la suma de la varianza de dicha cantidad y la varianza obtenida en la transformación. Este hecho es fundamental en Geodesia, y vamos a poner un ejemplo de la importancia que tiene la infraestructura geodésica a nivel nacional o continental para que las nuevas técnicas de observación con sus grandes precisiones (interferometría de corta y larga base y técnicas Laser a satélites) sean auténticamente operativas con el fin de garantizar la mejora de las redes clásicas de triangulación y nivelación, así como las redes astrogeodésicas y astrogravimétricas para determinación del geoide.

b.- Supongamos ahora que los vectores \underline{y} e \underline{y}' de parámetros de transformación entre los sistemas (D), (G) y (g) se conocen a priori, pero no se tiene la suficiente garantía como para dar por buenas estas cantidades. Consideremos entonces los vectores residuales,

$$\delta \underline{y} = (\delta x_0, \delta y_0, \delta z_0, \delta w_1, \delta w_2, \delta w_3, \delta dL)$$

$$\delta \underline{y}' = (\delta x'_0, \delta y'_0, \delta z'_0, \delta w'_1, \delta w'_2, \delta w'_3, \delta dL').$$

En este caso las ecuaciones anteriores se escriben en la forma,

$$\xi_D^t \simeq \xi_g + \underline{f}_1^T \delta \underline{y}$$

$$\eta_D^t \simeq \eta_g + \underline{f}_2^T \delta \underline{y}$$

$$N_D^t \simeq N_g + \underline{f}_3^T \delta \underline{y}$$

$$\Delta N_D^t \simeq \Delta N_g + \underline{f}_4^T \delta \underline{y}$$

$$\xi_G^t \simeq \xi_g + \underline{f}_1^T \delta \underline{y}'$$

$$\eta_G^t \simeq \eta_g + \underline{f}_2^T \delta \underline{y}'$$

$$\Delta N_G^t \simeq \Delta N_g + \underline{f}_4^T \delta \underline{y}'$$

y se quiere determinar los vectores $\delta \underline{y}$ y $\delta \underline{y}'$ en el ajuste por mínimos cuadrados.

Escribamos en forma matricial las ecuaciones del ajuste,

$$A\underline{x} + B \delta \underline{y} - \underline{t} = \underline{v} \quad E(\underline{v}) = \underline{0}, \text{cov}(\underline{v}) = s_0^2 \underline{Q},$$

donde A es la matriz de diseño del ajuste polinómico, \underline{x} el vector de coeficientes del polinomio, a_{ij} , $i, j = 1, \dots, n$, incógnitas en

el ajuste, B la matriz formada por los vectores \underline{f}_i^T , \underline{y} el vector de parámetros residuales de transformación $\underline{y} = (\delta y; \delta y')$ y \underline{v} los residuos del ajuste.

La solución mínimos cuadrados viene dada por

$$\begin{pmatrix} A^T P A & A^T P B \\ B^T P A & B^T P B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{\delta y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P t \\ B^T P t \end{pmatrix}$$

Queda por preguntar, caso de utilizar esta aproximación, si se verifica la hipótesis $H: \delta y = 0$, es decir, si el conocimiento a priori de los parámetros de transformación entre los distintos sistemas de referencia era lo suficientemente bueno.

Sea,

$$\begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{\delta y} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T P A & A^T P B \\ B^T P A & B^T P B \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} A^T P t \\ B^T P t \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} H_{11} & H_{12} \\ H_{21} & H_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A^T P t \\ B^T P t \end{pmatrix}$$

y consideremos el modelo lineal,

$$A x + B \delta y - t = v \quad E(v) = 0, \quad \text{cov}(v) = s_0^2 Q,$$

y la hipótesis $H: \delta y = 0$.

Según el apéndice 3 el estadístico,

$$F(H) = \delta y^T H_{22}^{-1} \delta y / c s_0^2,$$

siendo c el número de parámetros de transformación que contiene el ajuste y f el número de grados de libertad del ajuste, sigue una distribución $F_{c,f}$ central bajo la hipótesis nula H.

No se han considerado ondulaciones del geoide vía gravimétrica debido a que su precisión está muy debajo que la de las

otras cantidades aquí consideradas, debido sobre todo a que el cibrimiento gravimétrico de la tierra para las zonas medias al punto de cálculo, es decir, de 100 a 500 kms alrededor de dicho punto, no está todavía lo suficientemente densificado como para obtener precisiones superiores a 1 metro en la determinación de ondulaciones absolutas del geoide vía gravimétrica. En cambio el método gravimétrico basado en la aplicación de la fórmula de Stokes con el cubrimiento gravimétrico actual y una densificación razonable alrededor del punto de cálculo, es decir, zona próxima, permite obtener precisiones centimétricas en la diferencia de ondulación de geoide entre puntos alejados distancias inferiores a 50 kms. Un estudio interesante en este tema puede verse en Strang van Hees, G.L. 1982, " The Precision of the Geoid From Gravity Data", presentado en la reunión celebrada en Delft en la conmemoración del 65 aniversario del profesor Baarda.

5.3.- Elección del grado del polinomio de aproximación.

Vamos en este apartado a aplicar la hipótesis lineal general para la determinación del grado óptimo del polinomio de aproximación. Supongamos que el polinomio de interpolación tiene grado $(n+1)$, entonces el número de coeficientes a determinar en el ajuste es $(n+1)(n+1)$. El número de coeficientes a determinar en el ajuste nuevos entre la elección grado n y $(n+1)$, es $2n+1$.

Consideremos el modelo lineal,

$$A\mathbf{x} - \mathbf{t} = \mathbf{v}, \quad E(\mathbf{v}) = \mathbf{0}, \quad \text{cov}(\mathbf{v}) = s_0^2 \mathbf{Q}$$

siendo A la matriz $(m, (n+1)(n+1))$ de diseño del ajuste, \mathbf{x} el vector $((n+1)(n+1), 1)$ de coeficientes del polinomio a determinar.

\underline{t} el vector $(m,1)$ de términos independientes y \underline{v} el vector $(m,1)$ de residuos.

La hipótesis H se puede plantear,

$$A\underline{x} - \underline{t} = \underline{v}$$

$$H: (0 ; I_{2n+1}) \underline{x} = \underline{0},$$

es decir, los coeficientes nuevos al pasar del polinomio de grado n a $n+1$ son cero.

La forma más cómoda de contrastar la hipótesis H para nuestro caso (Véase Capítulo 7), es considerar las cantidades,

$$\hat{R}_C = (m - (n+1)^2) \hat{s}_{n+1}^2$$

$$\hat{R} = (m - n^2) \hat{s}_n^2$$

siendo \hat{s}_{n+1}^2 la varianza obtenida en el ajuste cuando se considera polinomio de grado $(n+1)$ y \hat{s}_n^2 la varianza del ajuste cuando se considera el polinomio de grado n .

El estadístico (Véase Apéndice 3) definido por

$$F(H) = (\hat{R}_C - \hat{R}) / (2n + 1) \hat{s}_{n+1}$$

sigue una distribución F central con $((m-(n+1)^2), 2n+1)$ grados de libertad cuando se verifica la hipótesis H, y si esto sucede a un nivel de confianza $(1-\alpha)$, se puede considerar el grado óptimo del polinomio igual a n .

CAPITULO 6.

Predicción mínimo cuadrática en la determinación del geoides.

6.1.- Modelo matemático.

En los últimos años se ha desarrollado la teoría estadística del campo gravitatorio terrestre, introduciéndose diversas hipótesis sobre las características aleatorias de las distintas funciones de interés geodésico (E. Moritz, 1970, 1973, J. F. Kasper, 1971, E. Grafarend, 1976, 1971, 1975, T. Krarup, 1969, S.L. Lauritzen, 1973, etc). Ahora bien el campo gravitatorio en cuanto a su aspecto puramente físico es determinista, esto es, por ejemplo la función gravedad $g(x)$ no se le puede asignar una estructura de función aleatoria, puesto que en un punto x toma el valor $g(x)$ con probabilidad 1. Aún introduciendo la variable tiempo en el campo gravitatorio, la función gravedad en un instante t dado y en un punto x toma el valor $g(x,t)$ con probabilidad 1. Por tanto suponer al campo gravitatorio terrestre, dentro de un marco de microfísica y no de física de partículas, propiedades aleatorias es un error conceptual importante.

No obstante las evaluaciones que se hacen de las funciones del campo terrestre con instrumentos de medida se pueden considerar como funcionales lineales de la anomalía de la gravedad Δg , $L(\Delta g)$, y sobre este espacio de realizaciones experimentales si tiene sentido el suponer propiedades aleatorias a sus elementos. puesto que por ejemplo, la determinación de la anomalía de la gravedad a partir de la medida de la gravedad con un gravímetro,

$$L(\Delta_g) = (g - Y) + \xi(\omega) = \Delta_g(\omega),$$

siendo $(g - Y)$ la parte determinista y el error $\xi(\omega)$ será una variable aleatoria perteneciente a un cierto espacio probabilístico (Ω, \mathcal{A}, P) .

Considerando estos hechos vamos a introducir un proceso gaussiano normal $\bar{\Phi}$ y un espacio de funciones H con estructura de espacio de Hilbert al que pertenecen las funciones de interés del campo terrestre, T un conjunto de definición de las funciones de H .

Sea f una función de H , $f(x)$, $x \in T$, el proceso $\bar{\Phi}$ asocia a la función f de H una variable aleatoria $f(x, \omega)$, $\omega \in \Omega$, perteneciente a un cierto espacio funcional de variables aleatorias normalmente distribuidas que supondremos es $L^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$ (espacio de variables aleatorias de cuadrado integrable). Por tanto podemos identificar el proceso $\bar{\Phi}$ como la realización experimental de la función $f(x)$, $x \in T$ con algún aparato de medida.

$$\begin{array}{ccc} H & \xrightarrow{\bar{\Phi}} & L^2(\Omega, \mathcal{A}, P) \\ f & \xrightarrow{\quad} & \bar{\Phi}(f) = f(x, \omega), \quad x \in T, \omega \in \Omega \end{array}$$

La función aleatoria $f(x, \omega)$ se puede descomponer en una parte determinista y otra aleatoria,

$$f(x, \omega) = f(x) + \Delta(x, \omega)$$

siendo $f(x)$ el valor medio de la v.a. $f(x, \omega)$

$$E(f(x, \omega)) = E(f^X(\omega)) = \int_{\Omega} f^X(\omega) P(d\omega)$$

y por tanto $\Delta(x, \omega)$ es una v.a. de media cero.

La función de covarianza del proceso $\tilde{\Phi}$ vendrá dada por

$$C_{fg}(x,y) = E(f^x(\omega)g^y(\omega)) = \int_{\Omega} f^x(\omega)g^y(\omega) P(d\omega)$$

con $f,g \in H$ y $x,y \in T$.

En este trabajo se van a suponer ciertas hipótesis con respecto a la función de covarianza, o lo que es lo mismo, sobre el proceso $\tilde{\Phi}$ que se supondrá estacionario e isótropo. El conjunto T se supondrá un subconjunto del plano E^2 , es decir, hipótesis de tierra plana que para la determinación local del geóide es muy apropiada, puesto que la distancia de correlación es muy pequeña en comparación con el radio terrestre. Estas dos hipótesis van a facilitar los cálculos y las expresiones de las distintas funciones de covarianza.

Las componentes de la desviación de la vertical (ξ, η) se pueden relacionar con la anomalía de la gravedad mediante operadores lineales e integrales denominados de Vening-Meinesz,

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \eta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L^1 \\ L^2 \end{pmatrix} \Delta g \quad (6.1.1)$$

dados por, (Showw, L. I. Paul, P. Henriksen, 1969)

$$\begin{pmatrix} \xi(x,y) \\ \eta(x,y) \end{pmatrix} = \frac{1}{2\pi g_0} \int_{-\infty}^{\infty} du \int_{-\infty}^{\infty} dv \frac{\Delta g(u,v)}{((x-u)^2 + (y-v)^2)^{3/2}} \begin{pmatrix} x-u \\ y-v \end{pmatrix} \quad (6.1.2)$$

Puesto que,

$$\begin{pmatrix} \xi \\ \zeta \end{pmatrix} = \nabla N \quad \nabla = \begin{pmatrix} \frac{\partial}{\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (6.1.3)$$

se sigue

$$N(x,y) = L^3(\Delta g) = \frac{1}{2\pi g_0} \int_{-\infty}^{\infty} du \int_{-\infty}^{\infty} dv \frac{\Delta g(u,v)}{((x-u)^2 + (y-v)^2)^{1/2}} \quad (6.1.4)$$

Por tanto las funciones de H, anomalía de la gravedad, componentes de la desviación de la vertical, ondulación del geoide están relacionadas mediante operadores lineales.

K. Jordan, 1972, demuestra que las funciones de covarianza $C_{\xi\xi}$, $C_{\zeta\zeta}$ y $C_{\Delta g \Delta g}$ están relacionadas por la ecuación,

$$C_{\xi\xi}(x,y) + C_{\zeta\zeta}(x,y) = -\frac{1}{g_0} C_{\Delta g \Delta g}(x,y) \quad (6.1.5)$$

siendo g_0 un valor medio de la gravedad. (Cuando hablamos de función de covarianza de cualquier cantidad de interés geodésico nos referimos a la covarianza de la medida o determinación a partir de medidas experimentales de la función en cuestión).

Puesto que,

$$-\frac{\partial N}{\partial x}(x,y) = \xi(x,y), \quad -\frac{\partial N}{\partial y}(x,y) = \zeta(x,y) \quad (6.1.6)$$

en el sistema local de coordenadas, tenemos

$$\begin{aligned} C_{\xi\xi}(x,y) &= -\frac{\partial^2}{\partial x^2} C_{NN}(x,y) \\ C_{\zeta\zeta}(x,y) &= -\frac{\partial^2}{\partial y^2} C_{NN}(x,y) \end{aligned} \quad (6.1.7)$$

de donde se deduce,

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right) C_{NN}(x,y) = - \frac{1}{\epsilon_0^2} C_{\Delta g \Delta g}(x,y) \quad (6.1.8)$$

La solución de esta ecuación en derivadas parciales (ecuación de Poisson) viene dada por,

$$C_{NN}(x,y) = - \frac{1}{4\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{C_{\Delta g \Delta g}(u,v)}{\epsilon_0^2 D} \log D \, du \, dv \quad (6.1.9)$$

$$D = ((x-u)^2 + (y-v)^2)$$

con la condición

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} C_{\Delta g \Delta g}(u,v) \, du \, dv = 0,$$

para que la solución $C_{NN}(x,y)$ esté acotada.

Al introducir las hipótesis de estacionariedad e isotropía se tiene que

$$C_{\Delta g \Delta g}(x',y') = E(\Delta g(x,y)(\omega) \cdot \Delta g(x+x',y+y')(\omega)) =$$

$$= C_{\Delta g \Delta g}(r), \quad r = \sqrt{(x'^2 + y'^2)}. \quad (6.1.10)$$

y la ecuación (6.1.8) puede escribirse,

$$\frac{d^2}{dr^2} C_{NN}(r) + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} C_{NN}(r) = - \frac{1}{\epsilon_0^2} C_{\Delta g \Delta g}(r)$$

$$-\infty < \lim_{r \rightarrow 0} \frac{1}{r} C_{NN}(r) < 0$$

Las funciones de covarianza de las cantidades (ξ, η, N) pueden relacionarse por (K. Jordan, 1972)

$$C_{\xi \eta}(x,y) = - \frac{\partial}{\partial x} C_{\eta N}(x,y)$$

$$\begin{aligned}
 C_{N\lambda} (x,y) &= - \frac{\partial}{\partial y} C_{NN}(x,y) \\
 C_{\xi\lambda} (x,y) &= - \frac{\partial}{\partial x \partial y} C_{NN}(x,y) \\
 C_{\xi\xi} (x,y) &= - \frac{\partial^2}{\partial x^2} C_{NN}(x,y) \\
 C_{\lambda\lambda} (x,y) &= - \frac{\partial^2}{\partial y^2} C_{NN}(x,y)
 \end{aligned} \tag{6.1.11}$$

con las siguientes condiciones de simetría

$$\begin{aligned}
 C_{N\lambda} (x,y) &= C_{N\xi} (x,y) \\
 C_{\xi N} (x,y) &= - C_{N\xi} (x,y) \\
 C_{\lambda N} (x,y) &= - C_{N\xi} (y,x) \\
 C_{\lambda\xi} (x,y) &= C_{\xi\lambda} (x,y) \\
 C_{\lambda\lambda} (x,y) &= C_{\xi\xi} (y,x)
 \end{aligned} \tag{6.1.12}$$

La hipótesis de proceso isótropo simplifica estas expresiones, teniendo para una función de covarianza dada $C_{NN}(r)$ de la ondulación del geóide

$$\begin{aligned}
 C_{N\xi} (x,y) &= C_{N\xi} (r, \vartheta) = - \cos \vartheta C'_{NN}(r) \\
 C_{\xi\lambda} (x,y) &= C_{\xi\lambda} (r, \vartheta) = - \sin \vartheta \cos \vartheta (C'_{NN}(r) - 1/r C'_{NN}(r)) \\
 C_{\xi\xi} (x,y) &= - \cos^2 \vartheta C'_{NN}(r) - \sin^2 \vartheta C'_{NN}(r)/r \\
 \cos \vartheta &= x/r, \quad \sin \vartheta = y/r
 \end{aligned}$$

En la literatura geodésica se han probado distintas funciones de covarianza empíricas tales como

(i) Modelo gaussiano para la ondulación

$$C_{NN}(r) = \sigma_N^2 e^{-r^2/D^2}$$

(ii) Modelo de Bellaire

$$C_{NN}(r) = \sigma_N^2 / (1 + (r^2/D^2))^{3/2}$$

(iii) Modelo de Markov de segundo orden

$$C_{NN}(r) = \sigma_N^2 (1 + (r/D)) e^{-r/D}$$

(iv) Modelo de Markov de tercer orden

$$C_{NN}(r) = \sigma_N^2 (1 + r/D + r^2/3D^2) e^{-r/D}$$

siendo $C_{NN}(0) = \sigma_N^2$ la varianza de la ondulación del geode y D la distancia de correlación o característica del proceso.

Por ejemplo para la función de covarianza gaussiana $C_{NN}(r) = \sigma_N^2 e^{-r^2/D^2}$ tenemos,

$$C_{N\xi}(x,y) = \cos \vartheta 2r/D^2 C_{NN}(r)$$

$$C_{\xi\eta}(x,y) = - \sin \vartheta \cos \vartheta (2r/D^2)^2 C_{NN}(r) \quad (6.1.13)$$

$$C_{\xi\xi}(x,y) = 2/D^2 C_{NN}(r) + \cos^2 \vartheta (2r/D)^2 C_{NN}(r)$$

obteniendo las funciones de covarianza $C_{N\eta}$, $C_{\eta\eta}$, $C_{\eta N}$, $C_{\eta\xi}$, $C_{\xi N}$ por las condiciones de simetría (6.1.12).

Para un proceso de Markov de tercer orden para la función de covarianza $C_{NN}(r)$ se obtiene sin dificultad

$$\begin{aligned}
 C_{\xi\xi}(x,y) &= \sigma_{\xi}^2(1 + r/D - r^2 \cos^2 \sigma / D^2) e^{-r/D} \\
 C_{\eta\eta}(x,y) &= \sigma_{\eta}^2(1 + r/D - r^2 \sin^2 \sigma / D^2) e^{-r/D} \\
 C_{\xi\eta}(x,y) &= -\sigma_{\xi} \sigma_{\eta} / 2 \cdot r^2 / D^2 e^{-r/D} \sin 2\sigma \quad (6.1.14) \\
 C_{N\xi}(x,y) &= \sigma_{\xi} \sigma_N / \sqrt{3} \cdot r/D (1+r/D) e^{-r/D} \cos \sigma \\
 C_{N\eta}(x,y) &= \sigma_{\eta} \sigma_N / \sqrt{3} \cdot r/D (1+r/D) e^{-r/D} \sin \sigma
 \end{aligned}$$

con

$$\sigma_{\xi} = \sigma_{\eta} = \frac{\sigma_N}{\sqrt{3}} \frac{1}{D}$$

6.2.- Predicción por mínimos cuadrados.

En geodesia se plantea el problema de determinar el valor de una función en un punto a partir de cantidades funcionalmente relacionadas con ella observadas en otros puntos o en el mismo. Evidentemente el campo gravitatorio es determinista y las cantidades de interés geodésico tales como el potencial perturbador, sus derivadas, la anomalía de la gravedad, la desviación de la vertical o la ondulación del geoid están relacionadas por medio de operadores lineales de tipo integral o diferencial. Por tanto existen dos caminos lógicos, uno de aproximación o discretización de estos operadores y hacer evaluaciones determinísticas de las funciones incógnitas, y otro más usado en los últimos años basado en la utilización de las características estadísticas de las cantidades observadas y hacer aproximaciones que minimicen alguna funcional definida positiva (métodos de mínimos cuadrados, mínima norma, mini-max, etc) dentro de un marco estadístico.

En este trabajo se supone que se tienen observaciones

de las componentes de la desviación de la vertical y de la ondulación del geóide y se quiere determinar el valor de estas funciones en otros puntos, para lo cual se hace la hipótesis que las observaciones o evaluaciones experimentales pertenecen a un proceso estocástico de segundo orden con función de covarianza $C_{NN}(r)$ isótropo y estacionario, teniendo las variables aleatorias $N^x(\omega)$, $\xi^x(\omega)$, $\gamma^x(\omega)$ una distribución normal para todo punto x .

Se plantea el problema de la predicción lineal en forma general: Sea un proceso estocástico de segundo orden cuyas realizaciones experimentales son variables aleatorias normales $\xi^x(\omega)$ de cuadrado integrable, esto es, pertenecientes a un espacio $\mathcal{L}^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$, siendo (Ω, \mathcal{A}, P) un espacio probabilístico. Al espacio $\mathcal{L}^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$ se le puede dotar de una estructura de espacio de Hilbert con el producto escalar

$$\begin{aligned} \langle \xi^x(\omega), \xi^y(\omega) \rangle &= E(\xi^x(\omega) \xi^y(\omega)) = \\ &= C_{\xi\xi}(x, y). \end{aligned} \quad (6.2.1)$$

Consideremos un conjunto de variables aleatorias $\xi_1(\omega) \in \mathcal{L}^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$ y sea M el desarrollo lineal de estas variables aleatorias, $M = \mathcal{L}\{\xi^i(\omega)\}$. Para cualquier otra variable $\xi(\omega) \in \mathcal{L}^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$ se plantea el problema de encontrar la mejor aproximación sobre M , entendiendo por mejor aproximación desde el punto de vista de mínimos cuadrados. Es bien conocido que la mejor aproximación, supuestas las $\xi^i(\omega)$ linealmente independientes (Dermanis, 1975), viene dada por

$$\hat{\xi}(\omega) = \mathcal{P}_M(\xi(\omega)) \quad (6.2.2)$$

siendo \mathcal{P}_M el operador de proyección sobre M . Dicho en otras

palabras, existe un único conjunto de constantes reales a_i dadas por el sistema de ecuaciones normales (Davis P. 1975) tal que

$$\hat{f}(\omega) = \sum a_i S_i(\omega) \quad (6.2.3)$$

y

$$\begin{pmatrix} \langle S_1, S_1 \rangle & \dots & \langle S_1, S_n \rangle \\ \vdots & & \vdots \\ \langle S_n, S_1 \rangle & \dots & \langle S_n, S_n \rangle \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \langle S_1, f \rangle \\ \vdots \\ \langle S_n, f \rangle \end{pmatrix} \quad (6.2.4)$$

introduciendo las covarianzas de las variables S_i ,

$$C_{S_i S_j} = \langle S_i, S_j \rangle$$

tenemos

$$\begin{pmatrix} C_{S_1 S_1} & \dots & C_{S_1 S_n} \\ \vdots & & \vdots \\ C_{S_n S_1} & \dots & C_{S_n S_n} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C_{S_1 f} \\ \vdots \\ C_{S_n f} \end{pmatrix} \quad (6.2.5)$$

o en notación matricial

$$C a = c \Rightarrow a = C^{-1} c \quad (6.2.6)$$

y por tanto la mejor aproximación de $\hat{f}(\omega)$ en K viene dada por

$$\hat{S}(\omega) = c^T c^{-1} \bar{S}(\omega), \quad \bar{S}(\omega) = (S_1(\omega), \dots, S_n(\omega))^T \quad (6.2.7)$$

En la práctica se conoce el valor de una cierta función "s" en una serie de puntos de T, $s(t_i), i=1, \dots, n$. Las observaciones corresponden a la determinación experimental de la función s, es decir, (Moritz, H. 1980) llamada funcional de evaluación,

$$l_i^*(s) = s(t_i), \quad i=1, \dots, n \quad (6.2.8)$$

siendo $l_i^* \in H^*$ (dual de H) y H el espacio de Hilbert de las funciones s. Las observaciones $S_i(\omega)$ juegan el papel de las variables aleatorias $s^{t_i}(\omega)$.

La variancia de la estimación viene dada por (Grafarend, E. 1975),

$$\sigma_{\hat{S}}^2 = \sigma_S^2 - c \, c^{-1} c^T, \quad \sigma_S^2 = C_{SS}(0) \quad (6.2.9)$$

Consideremos el caso geodésico de la determinación del geode $N(x,y)$, $(x,y) \in T$, en un subconjunto T del plano. Las cantidades observadas en puntos de T son funcionales lineales de la función $N(x,y)$, esto es, componentes de la desviación de la vertical y ondulaciones del geode. Sean los datos conocidos

$$\begin{aligned} N(P_1), \dots, N(P_q) & \quad P_1, \dots, P_q \in T \\ \xi(Q_1), \dots, \xi(Q_n) & \quad Q_1, \dots, Q_n \in T \\ \eta(Q_1), \dots, \eta(Q_n) & \end{aligned}$$

y se quiere determinar la cantidad $s(P)$, $P \in T$, siendo la señal s o bien ξ , η , ó N. En este caso la matriz C es

$$C = \begin{pmatrix} C_{\xi\xi}(Q_1, Q_1) & \dots & C_{\xi\xi}(Q_1, Q_n) & C_{\xi\gamma}(Q_1, Q_1) & \dots & C_{\xi\gamma}(Q_1, Q_n) & C_{\xi N}(Q_1, P_1) & \dots & C_{\xi N}(Q_1, P_q) \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ C_{\xi\gamma}(Q_1, Q_1) & \dots & C_{\xi\gamma}(Q_1, Q_n) & C_{\xi\gamma}(Q_n, Q_1) & \dots & C_{\xi\gamma}(Q_n, Q_n) & C_{\xi N}(Q_n, P_1) & \dots & C_{\xi N}(Q_n, P_q) \\ C_{\gamma\xi}(Q_1, Q_1) & \dots & C_{\gamma\xi}(Q_1, Q_n) & C_{\gamma\gamma}(Q_1, Q_1) & \dots & C_{\gamma\gamma}(Q_1, Q_n) & C_{\gamma N}(Q_1, P_1) & \dots & C_{\gamma N}(Q_1, P_q) \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ C_{\gamma\xi}(Q_n, Q_1) & \dots & C_{\gamma\xi}(Q_n, Q_n) & C_{\gamma\gamma}(Q_n, Q_1) & \dots & C_{\gamma\gamma}(Q_n, Q_n) & C_{\gamma N}(Q_n, P_1) & \dots & C_{\gamma N}(Q_n, P_q) \\ C_{N\xi}(Q_1, P_1) & \dots & C_{N\xi}(Q_n, P_1) & C_{N\gamma}(Q_1, P_1) & \dots & C_{N\gamma}(Q_n, P_1) & C_{NN}(P_1, P_1) & \dots & C_{NN}(P_1, P_q) \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot & \cdot & & \cdot \\ C_{N\xi}(Q_1, P_q) & \dots & C_{N\xi}(Q_n, P_q) & C_{N\gamma}(Q_1, P_q) & \dots & C_{N\gamma}(Q_n, P_q) & C_{NN}(P_1, P_q) & \dots & C_{NN}(P_q, P_q) \end{pmatrix}$$

El vector c viene dado por

$$c = \begin{pmatrix} c_{s\xi}(P, Q_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ c_{s\xi}(P, Q_n) \\ c_{s\eta}(P, Q_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ c_{s\eta}(P, Q_n) \\ c_{sN}(P, P_1) \\ \cdot \\ \cdot \\ c_{sN}(P, P_q) \end{pmatrix}$$

y por tanto

$$\hat{s}(P) = c^T c^{-1} \bar{s}$$

con

$$\bar{s} = (\xi(Q_1), \dots, \xi(Q_n), \eta(Q_1), \dots, \eta(Q_n), N(P_1), \dots, N(P_q))^T.$$

Este método con algunas variantes ha sido extensamente usado en algunos países, Y. Ganeko, 1976, E. Grfarend, 1975, Moritz, H. 1972, Reitz, S. 1969, Gurther, W. 1978, Sanso, F. 1982, etc.

CAPITULO 7

DETERMINACION DEL GEOIDE EN PORTUGAL.

Durante los años 1974 - 1978 el I.G.C. de Portugal realizó distintas campañas de Astronomía Geodésica de segundo orden, con determinación de longitud y latitud por alturas iguales con astrolabio de prisma, (Nuno de Souza, Afonso, 1978). Resultado de este ambicioso proyecto, fué la determinación de las componentes de la desviación de la vertical en 128 puntos de la red geodésica de primer, segundo y tercer orden, repartidos homogéneamente en Portugal. La distancia media entre puntos dato en desviación de la vertical es de aproximadamente 30 kilómetros, ideal para fines de determinación del geoide.

Las observaciones de latitud y longitud están corregidas por movimiento del polo, y referidas al polo O.C.I., por curvatura de la plomada, ecuación personal y referidas al meridiano de Greenwich, mediante la contrastación del instrumental de observación en el Observatorio Astronómico de Coimbra. En estas condiciones se puede afirmar que las componentes de la desviación de la vertical están referidas a un sistema homogéneo y verifican las especificaciones impuestas por el I.A.G. para la determinación del geoide. Ahora bien, no están corregidas por Topografía e Isostasia, puesto que no se tiene un modelo digital del terreno para Portugal, imprescindible para realizar dichas correcciones de forma automática en ordenador.

Estas breves consideraciones, junto con la cooperación e interés del I.G.C. de Portugal para la realización de este trabajo, hacen que Portugal sea una zona test ideal para la puesta a punto tanto teórica como práctica de los métodos de determinación de

geoide antes descritos.

En este punto, se puede logicamente pensar, qué porqué únicamente Portugal, y no España o la Península Ibérica ? Las razones son obvias, y merece la pena que sean aquí descritas para dar testimonio y evidenciar la lamentable situación por la que atraviesa esta Ciencia a nivel práctico en nuestro país. Se ha puesto como ejemplo a nuestro país vecino Portugal, con el fin primordial de poner en funcionamiento métodos de cálculo, que en definitiva han de servir para que la Geodesia en España disponga, si es que alguna vez tiene observaciones, del instrumento fundamental, tanto para la determinación del geoide, como para la compensación de grandes redes, tratamiento de datos espaciales, etc.

Portugal, con unos medios tanto de personal como de instrumental y unos presupuestos inferiores a los nuestros, tiene sus redes geodésicas de primer, segundo y tercer orden perfectamente señalizadas y observadas. En cuanto a la red de nivelación de alta precisión en Portugal está completa y operativa.

La situación en España es totalmente distinta, puesto que la red de primer orden se está reobservando en estos momentos, la antigua se perdió en casi su totalidad, la red de segundo orden ya no existe, pues no se está observando, y lo más grave, no existen razones técnicas adecuadas para su eliminación, la red de tercer orden no está bien controlada al no existir el segundo orden, y por tanto no ofrece la fiabilidad necesaria en estos trabajos. En cuanto a la red de nivelación geométrica de alta precisión el tema es aún más grave, puesto que a más de quince años del inicio de su reobservación, y con un cuarto del país nivelado, no se sabe a ciencia cierta qué vale y qué no vale.

Digamos finalmente, que la astronomía geodésica y la gravimetría para fines de determinación del geoide es muy escasa o casi nula, así en el gráfico 7.1 aparece la situación comparativa de nuestros puntos dato en desviación de la vertical y los de Portugal.

Las consecuencias pueden ser muy graves, puesto que el momento actual es crucial para esta Ciencia. Las nuevas tecnologías en técnicas espaciales, tales como la interferometría de larga y corta base, la geodesia Láser a satélites, han de revolucionar en base a las precisiones obtenidas, toda la teoría de control de redes geodésicas, tanto planimétricas como altimétricas, de determinación de geoide, deformaciones, etc. Ahora bien, para que esto sea posible, es necesario contar con una infraestructura geodésica lo suficientemente buena, y que garantice a nivel de país como España precisiones en términos globales del siguiente orden: inferior a 0.50 metros en planimetría, 0.10 metros en altimetría y 0.50 metros en la determinación del geoide. Estas precisiones son perfectamente factibles en la actualidad, y más en el caso de España, en que la Geodesia está por rehacer, y los medios de cálculo con que se cuenta son de extraordinaria calidad, tanto en software como en hardware.

Digamos finalmente, que o mucho cambian las cosas, y en un plazo de tiempo muy breve, o habremos perdido por muchos años al resto de los países europeos en estos temas de fundamental importancia, no unicamente desde un punto de vista científico, sino de infraestructura geodésica, necesaria tanto para cartografía a escalas pequeñas, catastro y proyectos de ingeniería.

Hechos estos breves comentarios en nada exagerados, volvamos

al objeto principal que nos ocupa. La red astrogeodésica de Portugal se complementa con una buena red de nivelación de alta precisión y con dos determinaciones por técnicas Doppler en los vértices Padrela, situado al norte y Cabeça situado en el Sur, (véase gráfico 7.2). Con estos datos, se van a aplicar las técnicas descritas en los capítulos 4, 5 y 6, para la determinación del geoide. Primeramente hemos aplicado el método de Helmert con compensación por mínimos cuadrados, determinándose una triangulación óptima a partir de la distribución sobre el terreno de los puntos dato. El método de aproximación de ondulaciones del geoide por polinomios en dos variables ha sido utilizado en segundo lugar y por último el método de predicción por mínimos cuadrados a partir de una función de covarianza empírica. Los tres métodos de aproximación han dado resultados similares, dentro del margen de error en que nos movemos.

El DATUM escogido para los cálculos está definido por:

Punto fundamental: Melriça (Vértice de primer orden y fundamental de la red geodésica de Portugal), definido,

$$\xi_0 = -7.39$$

$$\eta_0 = -6.83$$

$$N_0 = -30.11 \text{ metros}$$

$$a = 6378388.00 \text{ metros}$$

$$e^2 = 0.00672267$$

siendo (ξ_0, η_0) las componentes de la desviación de la vertical en Melriça, N_0 la ondulación del geoide, que define la escala del modelo en el sistema geodésico ED50, y a, e^2 los parámetros que

definen el elipsoide internacional de Hayford, semieje mayor y excentricidad, tomado como superficie de referencia. La ondulación del geoides N_0 que define la escala del modelo se ha determinado a partir de las observaciones por técnicas Doppler.

7.2.- Método de Helmert.

A partir de la distribución de los puntos dato en desviación de la vertical, se ha definido una triangulación óptima a partir de la minimización de ciertas funciones escalares. Según el capítulo 4, las funciones más convenientes para fines geodésicos se pueden dar por:

Sea Q_{xx} la matriz cofactor de la red definida por

$$Q_{xx} = (A^T P A)^+ \quad \text{para una red libre}$$

$$Q_{xx} = (A^T P A)^{-1} \quad \text{para una red constreñida,}$$

y sean $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$ los autovalores de la matriz Q_{xx} .

Las tres funciones consideradas son $\lambda_{\text{máx}} = \max\{\lambda_1, \dots, \lambda_n\}$, $\text{traza}(Q_{xx}) = \sum \lambda_i$ y $\det(Q_{xx}) = \prod \lambda_i$, y a partir de estas,

$$\Omega_1 = \text{traza}(Q_{xx})/n$$

$$\Omega_2 = (\det(Q_{xx}))^{1/n}$$

El método empleado para hallar la triangulación óptima ha sido el de simulación explicado en el capítulo 4. Así, dada una matriz de pesos a priori para las observaciones P , y la matriz de diseño A , definida por las uniones (futuras observaciones) entre puntos dato, se puede determinar la matriz $A^T P A$, y por tanto, determinar la matriz cofactor Q_{xx} , y también las correspondientes funciones escalares antes descritas.

Consideremos dos configuraciones (1) y (2), y sean $Q_{xx}^{(1)}$ y

$Q_{xx}^{(2)}$ las correspondientes matrices cofactor con autovalores dados por $\lambda_1^{(1)}, \dots, \lambda_n^{(1)}$ y $\lambda_1^{(2)}, \dots, \lambda_n^{(2)}$, respectivamente. Se dice que:

a.- La configuración (1) es mejor que la (2) desde el punto de vista de A-optimalidad, si se verifica la desigualdad,

$$\Omega_1^{(1)} = \sum \lambda_i^{(1)} / n < \Omega_1^{(2)} = \sum \lambda_i^{(2)} / n,$$

es decir, la varianza media de la configuración (1) es menor que la varianza media de la configuración (2).

b.- La configuración (1) es mejor que la (2) desde el punto de vista de D-optimalidad, si se verifica la desigualdad,

$$\Omega_2^{(1)} = (\det(Q_{xx}^{(1)}))^{1/n} < \Omega_2^{(2)} = (\det(Q_{xx}^{(2)}))^{1/n}$$

es decir, si la varianza generalizada de la configuración (1) es menor que la varianza generalizada de la configuración (2).

c.- La configuración (1) es mejor que la (2) desde el punto de vista de E-optimalidad, si se verifica la desigualdad,

$$\lambda_{\max}^{(1)} < \lambda_{\max}^{(2)}.$$

La configuración óptima encontrada es la de la figura 7.2, y los valores encontrados para las distintas funciones de optimización son:

$$\lambda_{\max} = 0.17 \cdot 10^3$$

$$\sum \lambda_i = 0.44 \cdot 10^3$$

$$\Omega_1 = 0.35 \cdot 10^1$$

$$\Omega_2 = 0.82$$

En la tabla 7.1 se dan las coordenadas en grados y minutos

de los puntos dato en desviación de la vertical, y en la tabla 7.2 las observaciones con las componentes de la desviación de la vertical en segundos, correspondientes al gráfico 7.2.

Con esta configuración se ha procedido a la determinación del geoide de Portugal por el método de Helmert. En una primera compensación se han detectado los posibles errores groseros en las observaciones mediante el test de Baarda aplicado a los residuales tipificados, con un nivel de significación $\alpha = 0.01$, para el que el valor crítico es $w_0 = 2.58$.

Se ha considerado un punto fijo, Melriçca, con los datos dados anteriormente, es decir,

$$N_0 = -30.11 \text{ metros}$$

$$\xi_0 = -7''39$$

$$\eta_0 = -6''83$$

y como elipsoide de referencia el de Hayford.

La matriz de pesos de las observaciones se ha establecido de forma que la varianza del ajuste de peso unidad sea igual a la unidad, siguiendo el siguiente criterio, el peso de la i -ésima observación entre los puntos P_j, P_k , cuya distancia es d_{jk} , viene dada por:

$$P_{jk} = (140000/d_{jk})^2$$

con d_{jk} en metros. Las observaciones se han supuesto incorreladas y por tanto la matriz de pesos diagonal.

Los resultados de la compensación se pueden resumir en:

$$\hat{s}_0 = 1.0183$$

$$\sum v_i = -4.185$$

$$\sum v_i^2 = 16.49$$

$$\sum v_{p_i} = -13.27$$

$$\sum v_{p_i}^2 = 215.70$$

$$\sum w_i = -15.90$$

$$\sum w_i^2 = 356.10$$

siendo, \hat{s}_0^2 la varianza de peso unidad estimada, v_i los residuos del ajuste, v_{p_i} los residuos ponderados y w_i los residuos tipificados.

Evidentemente la razón entre la varianza a priori s_0^2 y estimada \hat{s}_0^2 se puede considerar igual a la unidad, es decir, se verifica la hipótesis nula $H_0: s_0^2 = \hat{s}_0^2$, y se puede hablar con propiedad de la aplicación del test de Baarda para la detección de errores groseros (w-test).

Las observaciones erróneas han sido para un nivel de significación $\alpha = 0.01$, las siguientes (véase gráfico 7.4),

PTO EST.	PTO VIS.	ξ_E	η_E	ξ_V	η_V	RESIDUO TIPIFICADO
3	25	0.06	-4.7	-8.5	-12.3	3.23
3	21	0.06	-4.7	-6.8	-9.5	-3.48
7	123	-9.1	-4.4	-10.1	-13.5	3.07
10	123	-16.9	1.6	-10.1	-13.5	-3.47
25	29	-8.5	-12.3	-5.4	-3.4	-2.74
42	46	-6.7	-8.7	-9.6	5.5	-3.09
43	46	-5.5	-6.8	-9.5	5.5	2.74
118	119	-7.2	-3.1	-11.52	-0.4	-2.60
125	128	-19.8	-4.2	-10.9	-3.5	-2.91

pudiéndose observar la fuerte discrepancia entre los valores y en el punto de estación y en el punto visado.

Estas discrepancias han sido analizadas en el I.G.C. de Portugal con la aplicación de métodos gravimétricos obteniendo resultados similares. No obstante no olvidemos que no ha sido efectuada la corrección por topografía a las componentes de la desviación de la vertical, y por tanto la presencia de grandes masas terrestres pueden influir decisivamente sobre dichas componentes. Como ejemplo de este hecho, digamos que en la zona del Estrecho de Gibraltar se han determinado por astronomía de posición las componentes de la desviación de la vertical en ambos continentes, encontrándose variaciones del orden de los 15", debidas evidentemente a la topografía cercana. Estos hechos evidencian la importancia de la corrección topográfica, tanto a la desviación de la vertical como a las anomalías de la gravedad observadas en la superficie terrestre.

Eliminadas las observaciones erróneas para el w-test, se ha procedido a una nueva compensación de la red astrogeodésica con un nuevo criterio de ponderación, a fin de obtener la varianza de peso unidad estimada igual a la unidad. Para dos puntos P_j , P_k entre los que existe observación y separados por una distancia d_{jk} metros, el peso viene dado por

$$p_{jk} = (160000/d_{jk})^2,$$

así, para una distancia $d = 30000$ metros, $p = 28.44$, y por tanto la desviación típica a priori para esta observación es

$$s = 1/\sqrt{p} = 0.19 \text{ metros.}$$

Este valor puede parecer excesivo a primera vista, puesto que

el posible error en la determinación astronómica de la latitud y la longitud no excede normalmente de 1". Ahora bien, la falta de corrección topográfica puede influir decisivamente en que los errores de interpolación de la propia fórmula de Helmert sean considerables. Resultados obtenidos en otros países europeos demuestran el valor de esta corrección y su decisiva influencia para fines de determinación de geoide.

Los resultados de esta compensación pueden sumarse en:

La red astrogeodésica está constituida por,

número total de puntos = 128

número de puntos fijos = 1

número de observaciones = 325

número de grados de libertad = 198

En cuanto a los valores de las distintas funciones escalares relacionadas con el proceso de optimización, han sido,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.186 \cdot 10^3$$

$$\sum \lambda_i = 0.488 \cdot 10^3$$

$$\Omega_1 = 0.384 \cdot 10^1$$

$$\Omega_2 = 0.920,$$

vemos por tanto, en comparación con los resultados obtenidos para simulación en idénticas condiciones de ponderación, que los valores de las distintas funciones han aumentado al ser eliminadas las observaciones erróneas, es decir, al ser más débil la geometría de la red, lo que demuestra que la configuración de la red ha sufrido una sensible pérdida.

La desviación típica de peso unidad obtenida en el ajuste es

$$\hat{s}_0 = 1.0336$$

y por tanto el test F entre varianzas a priori y a posteriori puede formularse en el forma,

$$F = \hat{s}_0^2 / s_0^2 = 1.0683 \sim F_{r, \infty, 1-\alpha}$$

siendo r el número de grados de libertad del ajuste.

A un nivel de significación del 1%, es decir, $\alpha = 0.01$, se tiene que,

$$F_{197, \infty, 0.99} = 1.19$$

y por tanto,

$$F = 1.0683 < F_{197, \infty, 0.99} = 1.19.$$

luego se acepta la hipótesis de igualdad de varianzas a priori y a posteriori, es decir, antes y después del ajuste.

En la tabla 7.3 se dan los resultados de la compensación de la red astrogeodésica para fines de determinación del geoide, con un listado donde aparece el nombre de vértice, número, latitud y longitud en grados y minutos, φ , λ , ondulación del geoide y su error medio cuadrático. Una breve inspección de la tabla pone en evidencia que los errores medios en la determinación del geoide son inferiores a 0.30 metros, cantidad más que aceptable en distancias de unos 300 kilómetros, que separa los extremos de la red al punto fundamental Melriça.

En la tabla 7.4 se da un listado de los residuos sin ponderar y ponderados y el peso a priori de la observación, obteniéndose,

$$\sum v_i = - 2.934$$

$$\sum v_i^2 = 9.818$$

$$\sum v_{p_i} = -9.639$$

$$\sum v_{p_i}^2 = 211.517$$

siendo v_i y v_{p_i} los residuos sin ponderar y ponderados.

En la tabla 7.5 se dan los errores medios cuadráticos de las observaciones obtenidos en el ajuste, pudiéndose comprobar que están en el orden de 0.12 metros, y que indican la precisión local en la determinación del geoide.

En la tabla 7.6 se dan los errores medios de los residuos, los residuos tipificados y los parámetros de fiabilidad de la red (capítulo 4, apartado 3), comprobándose a través de los valores de estos parámetros que la red de Portugal para determinación del geoide está bien controlada por su propia configuración, y que los errores de las observaciones para que sean detectados a un nivel de significación del 1% y con una potencia del test del 80% por el w-test de Baarda, han de ser del orden de 1 metro.

La fiabilidad total de la red es 0.42, que demuestra la bondad de la configuración de la red astrogeodésica.

Las cantidades QB, Rx, RB, SB del listado de ordenador, corresponden a:

$$QB = (C_{11})_{ii} / s_{0ii}^2 = \frac{\text{error medio estimado observación i-ésima}}{\text{error medio a priori observación i-ésima}}$$

$$RX = \sqrt{QB(1 - QB)} \sqrt{w} = \text{fiabilidad interna observación i-ésima}$$

$$RB = \sqrt{1/(1 - QB)} \sqrt{w} = \text{fiabilidad externa observación i-ésima}$$

$SB = \sqrt{RB s_o^2 Q_{ii}}$ = error en la observación i-ésima para que el test de Baarda (w-test) lo detecte, a un nivel de significación α y con una potencia β .

Para un nivel de significación del 1% y una potencia del 80% se tiene que $\sqrt{w} = 3.44$ (G.L.Strang van Hees, 1984).

La suma de residuales tipificados y su suma de cuadrados es,

$$\begin{aligned} \sum w_i &= -11.11, & \bar{w} &= -0.0342 \\ \sum w_i^2 &= 375.6 & s_{\bar{w}} &= 0.0597 \end{aligned}$$

siendo w_i el i-ésimo residuo tipificado.

En cuanto al análisis de posibles sistematismos hemos utilizado el t-test (capítulo 4, apartado 3), considerando la variable

$$T = |\bar{w}/s_{\bar{w}}| = |-0.0342/0.0597| = 0.573$$

que sigue una distribución t de Student con (m-1) grados de libertad, (m = número de observaciones = 325), aceptándose la hipótesis nula $H_0: \bar{w} = 0$, es decir, no existen sistematismos a un nivel de significación del 1%.

En cuanto al test χ^2 de normalidad para la distribución de los residuos, se tiene que, (tabla 7.7)

$$\chi^2 = 24.426$$

Para un nivel de significación del 1%, se tiene que

$$\chi_{13,0.99}^2 = 27.688,$$

y por tanto se acepta la hipótesis de normalidad en la distribución de los residuos tipificados.

En Portugal se han efectuado observaciones por técnicas Doppler a satélites TRANSIT, reducidas con efemérides precisas en

el sistema WGS72 en los puntos de Padrela y Cabeça, con los siguientes resultados,

Padrela	X = 4739217.68	\pm 0.48 metros
	Y = -625381.84	\pm 0.53 metros
	Z = 4210143.54	\pm 0.39 metros
Cabeça	x = 5044212.37	\pm 0.38 metros
	Y = -662964.30	\pm 0.42 metros
	Z = 3833969.46	\pm 0.54 metros

Utilizando los parámetros de transformación de Seppelin para pasar del sistema WGS72 a DATUM Europeo RE50, dados por

X = 84 metros
Y = 103 metros
Z = 127 metros

se obtienen las coordenadas cartesianas (X,Y,Z) respecto del sistema RE50, y las altitudes de estos puntos sobre el elipsoide internacional de Hayford son,

$h_{\text{Padrela}} = 1124.71$ metros
 $h_{\text{Cabeça}} = 12.70$ metros.

Las cotas ortométrica obtenidas por nivelación de alta precisión son,

$H_{\text{Padrela}} = 1148.00$ metros
 $H_{\text{Cabeça}} = 50.52$ metros

y por tanto las ondulaciones del geoide de estos puntos respecto al DATUM Europeo son,

$$N_{\text{Padrela}} = h_{\text{Padrela}} - H_{\text{Padrela}} = -23.29 \text{ metros}$$

$$N_{\text{Cabeça}} = h_{\text{Cabeça}} - H_{\text{Cabeça}} = -37.82 \text{ metros.}$$

El incremento de ondulación del geoide entre dichos puntos situados al Norte y Sur de Portugal, (figura 7.5) es,

$$\Delta N = N_{\text{Padrela}} - N_{\text{Cabeça}} = 14.53 \text{ metros.}$$

La estimación del error medio cuadrático en la determinación de ΔN no es sencilla, puesto que las precisiones dadas a las coordenadas (X,Y,Z) son intrínsecas, y no ponen en evidencia los posibles sistematismos tanto en la determinación de la órbita de los satélites, como en las correcciones tipo meteorológico a las observaciones Doppler. Por otra parte, la estimación del error relativo entre las cotas ortométricas de Padrela y Cabeça, nunca ha de ser superior a 0.10 metros en la red de nivelación de Portugal. Para los cálculos que sigue se ha supuesto que,

$$s(N_{\text{Padrela}}) = s(N_{\text{Cabeça}}) = 0.7 \text{ metros,}$$

y por tanto $s(\Delta N) = 1 \text{ metro.}$

La hipótesis es quizá demasiado optimista en cuanto al error medio en la determinación de ΔN , $s(\Delta N)$, pero un error más grande nos llevaría de inmediato a despreciar el control Doppler, y aún así, veremos que el control es muy pobre para una red astrogeodésica como la de Portugal, de gran densidad y calidad.

Para integrar las observaciones obtenidas por técnicas Doppler se han seguido dos caminos distintos:

a.- La diferencia de ondulación del geoide ΔN entre los puntos Padrela y Cabeça, se ha introducido en la red astrogeodésica como

una observación de diferencia de ondulación del geoide con un peso de acuerdo a la precisión estimada a priori, dada por $s(\Delta N) = 1$ metro, es decir,

$$\text{Peso} = 1/s^2(\Delta N) = 1.$$

y se ha precedido a la nueva compensación de la red con esta observación adicional,

$$N_{\text{Padrela}} - N_{\text{Cabeça}} = 14.53 \text{ metros.}$$

En la tabla 7.8 se dan los resultados de la compensación, y como se puede comprobar con una breve inspección de las tablas 7.8 y 7.3, correspondiente a la compensación con unicamente datos astrogeodésicos, los resultados son casi idénticos a los niveles de error en los que trabajamos.

Según la tabla 7.3 la ondulación del geoide en los puntos Padrela y Cabeça es

$$N_{\text{Padrela}} = -23.89, \quad N_{\text{Cabeça}} = -37.43$$

y por tanto,

$$(\Delta N)^{\text{ASTROGEODESIA}} = 13.54 \text{ metros}$$

$$(\Delta N)^{\text{DOPPLER}} = 14.53 \text{ metros,}$$

habiendo una discrepancia de 1.01 metros. Ahora bien, según la tabla 7.7,

$$\begin{aligned} (\Delta N)^{\text{ASTROGEODESICA} + \text{DOPPLER}} &= -23.85 - (-37.50) = \\ &= 13.65 \text{ metros,} \end{aligned}$$

luego,

$$(\Delta N)^{\text{ASTROGEODESICA} + \text{DOPPLER}} - (\Delta N)^{\text{ASTROGEODESICA}} = 0.11 \text{ m.}$$

y se puede afirmar sin ninguna duda, que la observación de diferencias de ondulación Doppler ha sido casi transparente en el ajuste, debido a dos hechos fundamentales. Primero, el control es evidentemente pobre, pues la red astrogeodésica absorbe con su propio error la discrepancia de 1.01 metros, y segundo, el error a priori de la observación Doppler es del orden del propio error de la red astrogeodésica, y así malamente se puede hablar de control.

Para corroborar estos hechos, y que evidentemente la introducción de esta observación no ha servido para mejorar la red desde un punto de vista de optimalidad, se han calculado los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas del ajuste, resultando:

a1.- Observaciones astrogeodésicas exclusivamente,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.1858 \cdot 10^3$$

$$\Omega_1 = 0.3841 \cdot 10^1$$

$$\Omega_2 = 0.9199$$

a2.- Observaciones astrogeodésicas y diferencia de ondulación del geóide Doppler.

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.1856 \cdot 10^3$$

$$\Omega_1 = 0.4815 \cdot 10^1$$

$$\Omega_2 = 0.9217$$

Como se puede apreciar de estos resultados, al quitar las observaciones erróneas para el χ -test de Baarda, la calidad de la red es peor, basta comprobar los parámetros obtenidos ahora con los obtenidos para la simulación anteriormente. Por otra

parte la similitud de los resultados en los casos concretos al y a2 ponen de manifiesto nuevamente que tampoco desde el punto de vista de optimización a base de control con Doppler se ha conseguido una mejora importante.

b.- Con el fin primordial de confirmar las afirmaciones anteriores respecto al control con Doppler se ha hecho otro cálculo con hipótesis distintas, al tomar como fijos en la compensación los puntos Padrela y Cabeça, con las ondulaciones del geoide obtenidas por Doppler referidas a RE50,

$$N_{\text{Padrela}} = -23.29 \text{ metros}$$

$$N_{\text{Cabeça}} = -37.82 \text{ metros.}$$

En esta situación nos podemos preguntar si estos constreñimientos impuestos a priori producen sistematismos en el ajuste ? Para dar contestación a esta pregunta se ha efectuado un ajuste libre, obteniéndose los siguientes resultados:

$$\hat{s}_0^2 = 1.0683$$

$$n = \text{número de incógnitas} = 128$$

$$m = \text{número de observaciones} = 325$$

$$f = \text{número de grados de libertad} = 198.$$

Por tanto, $\hat{R}_0 = \underline{v}^T \underline{Pv} = 211.523$. Para el ajuste constreñido se tiene,

$$\hat{s}_0^2 = 1.1052$$

$$n = 126$$

$$m = 325$$

$$f = 199.$$

Luego, $\hat{R}_A = 219.935$. Aplicando el F-test, (capítulo 4 y apéndice 3), se tiene que,

$$\frac{\hat{R}_A - \hat{R}_O}{bs_O^2} \sim F_{2,198}, \quad \text{para } b = 2.$$

El valor del cociente es 3.937 y el valor de $F_{2,198}$ con un nivel de confianza del 0.99% es 4.61, aceptándose la hipótesis $N_{Padrela} = -23.29$ metros, $N_{Cabeça} = -37.82$ metros, lo que corrobora las afirmaciones anteriores.

En el apéndice 2 se discuten los resultados obtenidos en Alemania sobre una red de primer orden y con distancias observadas superiores a los 90000 metros, de la observación con macrometro V-1000 y técnicas de interferometría de corta base. El resultado de una observación de este tipo entre los puntos P y Q de la superficie terrestre es, $\Delta X_{PQ}, \Delta Y_{PQ}, \Delta Z_{PQ}$, respecto de un sistema casi geocéntrico determinado a partir de las órbitas de los satélites de la constelación GPS. Estas cantidades se pueden transformar a observables geodésicos tradicionales, es decir, distancias, acimutes y diferencias de altitud, d_{PQ}, α_{PQ} y Δh_{PQ} , y con estas cantidades proceder a la compensación de la figura, como se ha hecho en el apéndice 2, obteniéndose resultados espectaculares y que corroboran las posibilidades de estos nuevos métodos de observación y la correspondiente revolución que en un futuro cercano van a suponer en las Ciencias de la Tierra y muy en particular en la Geodesia. Pensemos que trabajando con una constelación de satélites muy pobre (4 útiles) y con receptores de una sola frecuencia se han obtenido precisiones en la determinación de las coordenadas de los puntos de la red del orden de

los 0.05 metros en las tres componentes. Con la constelación de satélites completa (unos doce útiles para Europa) y con aparatos trabajando con dos frecuencias las precisiones esperadas son de cinco a diez veces superiores, es decir, precisiones inferiores a 0.01 metro, o de 0.1 parte por millón.

Con estas hipótesis de partida se ha supuesto una red GPS para Portugal con lados de unos 100 kilómetros dada en el gráfico 7.6, con distintas hipótesis de trabajo para la precisión de las observaciones de interferometría de corta base.

a.- El error medio cuadrático a priori es de 0.10 metros para una observación de diferencia de altitud por interferometría de corta base, es decir, $s(\Delta N) = 0.10$ metros, suponiendo que el error en la determinación de la cota ortométrica H es despreciable, lo que evidentemente ha de cumplir una buena red de nivelación de alta precisión, en donde se esperan precisiones del orden de 0.8 a 1.5 k mms, para k kilómetros de nivelación.

b.- El error medio cuadrático a priori de la determinación en la diferencia de ondulación del geoide es $s(\Delta N) = 0.03$ metros.

Los resultados de la simulación se dan en las tablas 7.8 y 7.9 para las hipótesis de trabajo a y b. Una breve inspección de la tabla 7.8 permite ver la mejora considerable de los resultados a nivel global, y sobre todo en los puntos de la red GPS, con errores medios estandar del orden de 0.06 - 0.08 metros. De la misma forma, en la hipótesis b, los errores son evidentemente menores y del orden de 0.02 metros en la red GPS.

En cuanto a las funciones que definen la optimalidad de la red se tiene,

Caso a.-

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.428 \cdot 10^2$$

$$\Omega_1 = 0.128 \cdot 10^1$$

$$\Omega_2 = 0.618$$

Caso b.-

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.561 \cdot 10^1$$

$$\Omega_1 = 0.885$$

$$\Omega_2 = 0.441,$$

que evidentemente demuestra que el control impuesto a la red es efectivo, puesto que estos valores son muy inferiores a los determinados para la red astrogeodésica con Doppler incluido. Estos resultados esran de esperar y en un futuro no muy lejano, tanto el control de redes planimétricas como de determinación de geoide y quizás las redes de nivelación de alta precisión se realizará con métodos espaciales de interferometría. En cuanto a la determinación de geoide, los métodos astrogeodésicos y gravimétricos combinados con los espaciales, han de garantizar precisiones locales de orden centimétrico, y globales para países como Portugal no superiores a los 0.05 metros.

A continuación se va a hacer una simulación bajo la hipótesis de combinación de datos astrogeodésicos y gravimétricos para la red de Portugal, cumpliéndose los requisitos siguientes:

- a.- Tanto las componentes de la desviación de la vertical como las anomalías de la gravedad han sido corregidas por terreno.
- b.- Se ha efectuado una gravimetría local de precisión en las zonas próximas a los puntos de la red.

En estas condiciones se pueden esperar precisiones locales

del orden de 0.05 metros en la diferencia de ondulación del geoides para distancias de unos 25 a 30 kms, como corresponde a la red astrogeodésica de Portugal, Strang Van Hees, G.L., 1982.

Con estas hipótesis de trabajo se ha efectuado una simulación con control espacial, obteniéndose los resultados siguientes. Los errores medios en la determinación del geoides se dan en la tabla 7.10 oscilando en los 0.02-0.03 metros, y en cuanto a los parámetros de optimalidad se tiene,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.361 \cdot 10^1$$

$$\Omega_1 = 0.764 \cdot 10^{-1}$$

$$\Omega_2 = 0.882 \cdot 10^{-1}$$

Estos resultados son posibles en la actualidad, puesto que la determinación del geoides vía fórmula de Stokes a partir de diferencias de ondulación, permite bajo ciertas condiciones de densidad de anomalías en un entorno del punto de estación (de unos 15 kms) y de precisión en cuanto a su determinación y correcciones, precisiones de este orden.

7.3.- Método de Aproximación Polinómica.

La aplicación del método de aproximación polinómica se ha hecho en base a la teoría desarrollada en el capítulo 5, probándose con polinomios grado 1 hasta 4, con el fin de elegir el polinomio óptimo de aproximación.

Como se sabe son 128 puntos dato en desviación de la vertical y se ha supuesto conocida la ondulación del geoides en el punto fundamental Melriça, siendo,

$$N_{\text{Melriça}} = -30,11 \text{ metros.}$$

Luego si,

$$N(x,y) = \sum a_{ij} x^i y^j, \quad i,j = 0, \dots, k,$$

se tiene que, $a_{00} = -30.11$ metros.

Los resultados obtenidos en el ajuste polinómico se pueden resumir en:

1.- Grado del polinomio de interpolación ($k = 1$).

La varianza y la desviación típica del ajuste son,

$$\hat{s}_0^2 = 0.189, \quad \hat{s}_0 = 0.435 \text{ metros.}$$

Los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas con un factor de proporcionalidad 100, verifican

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.265 \cdot 10^{-2}$$

$$\Omega_1 = 0.702 \cdot 10^{-3}$$

$$\Omega_2 = 0.634 \cdot 10^{-4}.$$

2.- Grado del polinomio de interpolación ($k = 2$).

La varianza y la desviación típica del ajuste son,

$$\hat{s}_0^2 = 0.174, \quad \hat{s}_0 = 0.417 \text{ metros.}$$

y los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas verifican,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.724 \cdot 10$$

$$\Omega_1 = 0.846$$

$$\Omega_2 = 0.284 \cdot 10^{-2}$$

3.- Grado del polinomio de interpolación ($k = 3$).

La varianza y la desviación típica del ajuste son,

$$\hat{s}_0^2 = 0.168, \quad \hat{s}_0 = 0.410 \text{ metros,}$$

y los autovalores de la matriz varianzas-covarianzas son,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.429 \cdot 10^5$$

$$\Omega_1 = 0.285 \cdot 10^4$$

$$\Omega_2 = 0.177.$$

4.- Grado del polinomio de interpolación ($k = 4$).

La varianza y la desviación típica del ajuste son,

$$\hat{s}_0^2 = 0.165, \quad \hat{s}_0 = 0.406 \text{ metros},$$

y los autovalores de la matriz varianzas-covarianzas son,

$$\lambda_{\text{máx}} = 0.319 \cdot 10^9$$

$$\Omega_1 = 0.137 \cdot 10^8$$

$$\Omega_2 = 0.173 \cdot 10^2.$$

Como puede apreciarse, a medida que aumenta el grado del polinomio de interpolación, el condicionamiento de la matriz normal inversa de la matriz de varianzas-covarianzas es peor, como se anunciaba en el capítulo 5. Este hecho pone en evidencia la mala estabilidad en la resolución de sistemas normales que provienen de ajustes polinómicos en cuanto crece el grado del polinomio a ajustar, puesto que el determinante de la matriz normal es muy próximo a cero, o equivalentemente, es muy grande para la matriz inversa.

A fin de contrastar el grado óptimo del polinomio se ha usado el F-test de acuerdo a la teoría expuesta en el apartado 5.3.

Sea,

$$\hat{R}_c = (m - (n+2)^2) \hat{s}_{n+1}^2$$

y

$$\hat{R} = (m - (n+1)^2) \hat{s}_n^2$$

las sumas de los cuadrados de los residuos ponderados para un polinomio de grado $(n+1)$ y n respectivamente, y \hat{s}_{n+1}^2 y \hat{s}_n^2 las varianzas del ajuste, siendo m el número de relaciones de observación, entonces el estadístico,

$$F(H) = (\hat{R} - \hat{R}_c) / (2n + 1) \hat{s}_{n+1}^2 \sim F_{((m - (n + 2)^2, 2n + 1)}$$

sigue una distribución F con grados de libertad $(m - (n + 2)^2)$ y $2n + 1$.

Los resultados del test han sido,

- 1.- Grado 1 con grado 2, $F(H) = 3.167$
- 2.- Grado 2 con grado 3, $F(H) = 1.573$
- 3.- Grado 3 con grado 4, $F(H) = 1.276$.

Por tanto, a un nivel de significación del 5%, ($\alpha = 0.05$), se acepta la hipótesis de que el polinomio óptimo de interpolación tiene grado 2, o equivalentemente, $a_{ij} = 0$, para $i, j > 2$, (apartado 5.3).

El polinomio es de la forma,

$$N(x, y) = a_{00} + a_{10} x + a_{01} y + a_{11} xy + a_{20} x^2 + a_{02} y^2 + a_{12} xy^2 + a_{21} x^2 y + a_{22} x^2 y^2.$$

En la tabla 7.11 se dan los resultados del ajuste, matriz de varianzas-covarianzas, solución mínimos cuadrados y la varianza y desviación típica para x, y expresadas en unidades de 100 metros. En la tabla 7.12 se dan las ondulaciones del geoide aproximadas mediante el polinomio de interpolación, con sus respectivos errores cuadráticos medios.

Los errores en la determinación del geoide por el método polinómico oscilan entre 0.17 y 0.65 metros, puesto que no se ha supuesto la ondulación del geoide en Melriça como una condición en el ajuste, sino como una observación más con peso igual a 1, es decir, con desviación típica a priori igual a 1 metro.

Los valores obtenidos en los puntos Doppler Padrela y Cabeça han sido:

$$N_{\text{Padrela}} = -23.34 \text{ metros}$$

$$N_{\text{Cabeça}} = -38.55 \text{ metros,}$$

y por tanto,

$$\Delta N = N_{\text{Padrela}} - N_{\text{Cabeça}} = 15.21 \text{ metros.}$$

el incremento N de ondulación entre dichos puntos determinado por observaciones Doppler era de 14.53 metros, según vimos en el apartado anterior. Por tanto existe una discrepancia de 0.68 metros entre ambas estimaciones, que entra perfectamente en el rango de error en que nos movemos tanto para la diferencia obtenida por Doppler, como la determinada por el ajuste polinómico.

7.4 - Método de aproximación por predicción mínimo cuadrática.

La aplicación de este método para la determinación del geoide se ha basado en la teoría expuesta en el capítulo 6.

Con datos componentes de la desviación de la vertical en los 128 puntos que poseen esta información en Portugal, se ha procedido a la estimación de la función de varianzas-covarianzas empírica de la forma,

$$C(d) = p_1 e^{q_1 d^2} + p_2 e^{q_2 d^2},$$

siendo p_1 , q_1 , p_2 , q_2 constantes y d la distancia entre los puntos en que se quiere determinar la covarianza de la función ondulación del geoide, (Heitz, S., 1969). Los valores estimados para estas constantes han sido,

$$p_1 = 7.5 \quad q_1 = -0.2239$$

$$p_2 = 10.5 \quad q_2 = -6.2134$$

Al igual que en apartados anteriores se ha supuesto conocida la ondulación del geoide en Melriça, pero no se ha introducido como una condición en el ajuste, sino a posteriori se ha obligado a que el valor de la ondulación en Melriça fuese -30.11 metros.

Para evitar la singularidad en la matriz normal, debido a no tener ninguna condición en ondulación del geoide, y pretender estimar ondulaciones en vez de diferencias, se ha introducido la condición adicional,

$$\sum N_i = 0$$

propuesta por S. Heitz.

Los resultados del ajuste se dan en la tabla 7.13, y como puede apreciarse los errores en la determinación de las ondulaciones del geoide están en el orden de 0.30 a 0.60 metros, que coincide con el caso polinomial.

Se ha obtenido para los puntos Doppler,

$$N_{\text{Padrela}} = -23.35 \text{ metros}$$

$$N_{\text{Cabeça}} = -37.90 \text{ metros,}$$

y por tanto

$$\Delta N = N_{\text{Padrela}} - N_{\text{Cabeça}} = 14.55 \text{ metros.}$$

El incremento dado por Doppler era 14.53, y por tanto la diferencia es 0.02 metros, cantidad totalmente despreciable.

Los resultados obtenidos por los tres métodos de aproximación son similares, dentro del margen de error en que nos movemos, y las diferencias que en algunos casos son del orden de 1 metro en los puntos extremos, son debidas fundamentalmente al carácter local del método de Helmert y global de los otros métodos. El tomar una decisión sobre cual de los tres métodos es mejor es defícil, desde un punto de vista geodésico quizá el de Helmert con compensación en superficie sea más riguroso, puesto que ofrece alternativas de chequear observaciones erróneas, dentro del marco clásico de los mínimos cuadrados. Por otra parte el método polinómico tiene un grave inconveniente, el mal condicionamiento de la matriz de las normales, lo que puede llevar a resultados no correctos. El método de predicción lineal por mínimos cuadrados tiene desde el punto de vista de cálculo problemas graves, puesto que hay que invertir una matriz llena, es decir, sin ceros, y para redes astrogeodésicas grandes, aún con ordenadores potentes se tendrían muchas dificultades, tanto de memoria de ordenador como de tiempo de ejecución. Ahora bien, una solución factible desde el punto geodésico y numérico, consiste en considerar cero las covarianzas entre puntos alejados más de una cierta cantidad, por ejemplo 100 kilómetros. En estas condiciones el método de Helmert y la predicción lineal deben ofertar resultados parecidos, puesto que son locales.

DESIGNACION DEL VERTICE O M A Q E	T A B L A NUMERO DE ORDEN	D E NUMERO	V E N T I C E S LONGITUD G M S	L A T I T U D G M S	A L T I T U D M	M B J A I CLAVE
SOMBRAL	1	1	-8.24000000	37.08000030	0.0	0
MONFURADO	2	2	-8.12000000	36.34000000	0.0	0
PADRELA	3	3	-7.31000000	41.31000000	0.0	0
LEOMIL	4	4	-7.37000000	40.37000030	0.0	0
MONTANSIL	5	5	-8.11000000	36.05000030	0.0	0
MELRICA	6	6	-8.25000000	37.22000000	0.0	1
MU JUSTREL	7	7	-8.25000000	37.22000030	0.0	0
AL JUSTREL	8	8	-8.10000000	37.53000030	0.0	0
CISBIA	9	9	-8.38000000	36.43000000	0.0	0
CHENCA	10	10	-7.29000000	37.11000030	0.0	0
REQUEJA	11	11	-8.19000000	41.58000000	0.0	0
SANPAJO	12	12	-8.43000000	41.55000030	0.0	0
CORBA	13	13	-7.30000000	41.55000000	0.0	0
LAROUJO	14	14	-7.43000000	41.53000000	0.0	0
DEILAO	15	15	-8.35000000	41.51000000	0.0	0
PEGADINHA	16	16	-8.27000000	41.46000000	0.0	0
POURQUEIRO	17	17	-8.70000000	41.45000030	0.0	0
NOQUEIRA	18	18	-6.31000000	41.43000030	0.0	0
LAJEDO	19	19	-7.10000000	41.43000000	0.0	0
LUZ	20	20	-6.18000000	41.40000000	0.0	0
CAREIRA	21	21	-8.73000000	41.38000000	0.0	0
SAMEIRO	22	22	-8.22000000	41.32000030	0.0	0
CAMPO DE VIBORAS	23	23	-6.34000000	41.32000000	0.0	0
SAN FELIX	24	24	-8.43000000	41.26000000	0.0	0
BORNES	25	25	-7.31000000	41.26000000	0.0	0
SRA DA ASSUNCAO	26	26	-8.36000000	41.26000000	0.0	0
CITANIA	27	27	-8.37000000	41.19000030	0.0	0
PARAO	28	28	-7.14000000	41.15000000	0.0	0
FONTE LONGA	29	29	-6.46000000	41.14000030	0.0	0
LAROUCA	30	30	-7.36000000	41.13000000	0.0	0
SANTO ANTON	31	31	-8.16000000	41.12000030	0.0	0
SANTO ANTON	32	32	-8.16000000	41.10700000	0.0	0
SANTO ANTON	33	33	-8.35000000	41.06000030	0.0	0
TORADIA	34	34	-7.23000000	40.58000000	0.0	0
FURADURO	35	35	-7.34000000	40.56000000	0.0	0
MARFA	36	36	-8.40000000	40.52000000	0.0	0
MARFA	37	37	-8.59000000	40.52000030	0.0	0
COSTA DA CASTANHEIRA	38	38	-8.17000000	40.51000030	0.0	0
CARRIA	39	39	-8.37000000	40.50000030	0.0	0
ARCO	40	40	-7.50000000	40.49000000	0.0	0
PISCO	41	41	-7.25000000	40.46000000	0.0	0
AVEIRO	42	42	-8.45000000	40.39000000	0.0	0
SRA DA CASTELO	43	43	-7.45000000	40.37000030	0.0	0
ATILAR FORMOSO	44	44	-6.31000000	40.36000000	0.0	0
JAMELO	45	45	-7.78000000	40.36000000	0.0	0
CARESO DA NEVE	46	46	-8.11000000	40.33000030	0.0	0
CARECA ALTA	47	47	-7.26000000	40.32000000	0.0	0
PRAIA DE MIRA	48	48	-8.48000000	40.27000000	0.0	0
GUINALDO	49	49	-6.33000000	40.27000030	0.0	0
SAN MIGUEL DE MIODES	50	50	-7.36000000	40.23000000	0.0	0

Tabla 7.1

*** DETERMINACIÓN DEL MEDIO EN PORTULAL POR MÍNIMOS CUADRADOS ***

DESIGNACIÓN DEL VERTICE O M B R E	NÚMERO DEL VERTICE	D E NÚMERO DE ORDEN	V E R T I C A L	L O N G I T U D G M S	L A T I T U D G M S	A L T I T U D M	C L A V E	M	D	J	A	2
BUCACO	51	51	-8.21000000	40.22000000	0.0	0	0					
ESTRELA	52	52	-7.37000000	40.19000000	0.0	0	0					
ALAGRAS	53	53	-7.38000000	40.19000000	0.0	0	0					
SAN PEDRO DE ACOR	54	54	-7.49000000	40.13000000	0.0	0	0					
GUARCOS	55	55	-8.51000000	40.12000000	0.0	0	0					
CRUZ DE MOROUÇOS	56	56	-8.27000000	40.11000000	0.0	0	0					
BRIGADEIRA	57	57	-7.19000000	40.08000000	0.0	0	0					
LOUSA	58	58	-8.11000000	40.05000000	0.0	0	0					
TAPERNA SECA	59	59	-7.29000000	40.03000000	0.0	0	0					
AGUDA	60	60	-8.20000000	39.53000000	0.0	0	0					
MONTA REDONDO	61	61	-8.51000000	39.54000000	0.0	0	0					
CABECO RATINHA	62	62	-7.37000000	39.51000000	0.0	0	0					
SAN MARTINHO	63	63	-7.28000000	39.48000000	0.0	0	0					
CABECO ALTO	64	64	-7.02000000	39.44000000	0.0	0	0					
PATAIAS	65	65	-9.00000000	39.41000000	0.0	0	0					
MAUNCA	66	66	-8.46000000	39.40000000	0.0	0	0					
CASALS DA PENA	67	67	-8.32000000	39.35000000	0.0	0	0					
ROTO	68	68	-7.31000000	39.34000000	0.0	0	0					
MEOROA	69	69	-8.18000000	39.31000000	0.0	0	0					
ROJHO	70	70	-9.12000000	39.27000000	0.0	0	0					
CANDEIROS	71	71	-8.35000000	39.27000000	0.0	0	0					
CONTESSES	72	72	-8.38000000	39.23000000	0.0	0	0					
PALE DE AGUA	73	73	-8.38000000	39.23000000	0.0	0	0					
PELETRAS	74	74	-9.25000000	39.22000000	0.0	0	0					
PELETRAS	75	75	-8.25000000	39.20000000	0.0	0	0					
CABELO GOROA	76	76	-8.50000000	39.20000000	0.0	0	0					
SAN MAEDE	77	77	-7.22000000	39.19000000	0.0	0	0					
ALTER PEDROSO	78	78	-7.37000000	39.19000000	0.0	0	0					
MONTA JUNTO	79	79	-9.23000000	39.10000000	0.0	0	0					
ALMEIRIN	80	80	-8.35000000	39.09000000	0.0	0	0					
CAPELA	81	81	-7.28000000	39.04000000	0.0	0	0					
ATALAIA DA CONTEÇA	82	82	-7.36000000	39.02000000	0.0	0	0					
ABIMBOREIRA	83	83	-9.18000000	39.01000000	0.0	0	0					
CAIXEIRO	84	84	-7.39000000	38.55000000	0.0	0	0					
ADUA	85	85	-8.01000000	38.54000000	0.0	0	0					
SERVES	86	86	-9.35000000	38.54000000	0.0	0	0					
CASCALHO	87	87	-8.50000000	38.53000000	0.0	0	0					
S. TORCATO	88	88	-8.31000000	38.50000000	0.0	0	0					
REJO	89	89	-7.15000000	38.50000000	0.0	0	0					
ARREAL	90	90	-8.17000000	38.49000000	0.0	0	0					
MONTE	91	91	-7.15000000	38.48000000	0.0	0	0					
USAMANS	92	92	-8.15000000	38.44000000	0.0	0	0					
ARREAL	93	93	-7.19000000	38.44000000	0.0	0	0					
ARREAL	94	94	-7.24000000	38.42000000	0.0	0	0					
90-BEL	95	95	-8.32000000	38.41000000	0.0	0	0					
PALMEIA	96	96	-8.34000000	38.41000000	0.0	0	0					
SERRINHA	97	97	-8.34000000	38.34000000	0.0	0	0					
SESTIMBA	98	98	-8.31000000	38.30000000	0.0	0	0					
99	99	99	-9.36000000	38.27000000	0.0	0	0					
ESPINHEIRA	100	100	-7.48000000	38.27000000	0.0	0	0					

Tabla 7.1

T A B L A	D E	V E R	T I C E S	M O J A 3	
DESIGNACION DEL VERTICE	NUMERO DE ORDEN	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	ALTITUD M	CLAVE
O M B R E					
MONSARAZ	101	-7.23000000	38.27000000	0.0	0
S. VICENTE	102	-8.50000000	38.19000000	0.0	0
VENDO	103	-7.87000000	38.15000000	0.0	0
CABRASCALIS	104	-8.14000000	38.15000000	0.0	0
VENTIRAS	105	-7.79000000	38.14500000	0.0	0
ATLAIAGRANDOLA	106	-8.39000000	38.10000000	0.0	0
ATLAIAGORDA	107	-7.27000000	38.06000000	0.0	0
BARROS	108	-8.26000000	38.03500000	0.0	0
BEJA	109	-7.52000000	38.01200000	0.0	0
GUADALUPE	110	-7.36000000	37.56000000	0.0	0
PALEIRO	111	-8.41000000	37.54500000	0.0	0
APRADIINHA	112	-8.26000000	37.52000000	0.0	0
MONTINHO	113	-7.51000000	37.49000000	0.0	0
AGUA NEGRA	114	-7.27000000	37.48000000	0.0	0
URZA	115	-8.74000000	37.37000000	0.0	0
VIGIA	116	-8.23000000	37.37000000	0.0	0
S. TEOTONIO	117	-8.53000000	37.36000000	0.0	0
QUINTA	118	-7.51000000	37.29000000	0.0	0
ACHUEIRA	119	-7.51000000	37.24000000	0.0	0
JOTO	120	-8.23000000	37.24000000	0.0	0
FOLIA	121	-8.16000000	37.19000000	0.0	0
ARACILHA	122	-8.52000000	37.17000000	0.0	0
ALCARIA DO CUME	123	-7.45000000	37.14500000	0.0	0
PILOTA	124	-8.47000000	37.13500000	0.0	0
PILOTA	125	-8.37000000	37.09500000	0.0	0
ATLAIAG	126	-8.43000000	37.09500000	0.0	0
ASPA	127	-8.57000000	37.05000000	0.0	0
JOTAL	128	-7.53000000	37.02000000	0.0	0

Tabla 7.1

*** DETERMINACION DEL GEDIBE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	DO(1)	PESO	CLAVE
1	1	12	-17.01	-6.94	-11.07	-6.93	0.0	1.00	0
2	1	121	-17.01	-6.94	-9.30	-7.38	0.0	1.00	0
3	1	120	-17.01	-6.94	-8.82	-6.42	0.0	1.00	0
4	1	123	-17.01	-6.94	-15.78	-4.18	0.0	1.00	0
5	1	124	-17.01	-6.94	-16.16	-6.39	0.0	1.00	0
6	1	125	-17.01	-6.94	-9.09	-4.36	0.0	1.00	0
7	2	94	-4.60	-8.31	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
8	2	95	-4.60	-8.31	-2.84	-6.81	0.0	1.00	0
9	2	100	-4.60	-8.31	-4.36	-6.40	0.0	1.00	0
10	2	102	-4.60	-8.31	-3.08	-7.30	0.0	1.00	0
11	2	104	-4.60	-8.31	-3.32	-10.13	0.0	1.00	0
12	2	90	-4.60	-8.31	-2.22	-5.82	0.0	1.00	0
13	2	98	-4.60	-8.31	-2.16	-6.26	0.0	1.00	0
14	3	14	0.06	-4.68	-7.21	0.34	-23.29	1.00	0
15	3	15	0.06	-4.68	-5.21	-3.93	-23.29	1.00	0
16	3	17	0.06	-4.68	-11.12	-3.36	-23.29	1.00	0
17	3	17	0.06	-4.68	-4.68	-1.20	-23.29	1.00	0
18	3	18	0.06	-4.68	-4.68	-2.73	-23.29	1.00	0
19	4	41	-3.21	0.37	-4.80	-1.79	0.0	1.00	0
20	4	41	-3.21	0.37	-4.80	-0.79	0.0	1.00	0
21	4	41	-3.21	0.37	-4.80	-0.49	0.0	1.00	0
22	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-2.10	0.0	1.00	0
23	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-4.22	0.0	1.00	0
24	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
25	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
26	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
27	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
28	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
29	4	33	-3.21	0.37	-10.34	-5.57	0.0	1.00	0
30	4	60	-7.39	-6.83	-8.56	-9.84	-30.11	1.00	1
31	4	62	-7.39	-6.83	-8.56	-9.84	-30.11	1.00	1
32	4	64	-7.39	-6.83	-8.56	-9.84	-30.11	1.00	1
33	4	69	-7.39	-6.83	-8.56	-9.84	-30.11	1.00	1
34	4	73	-7.39	-6.83	-8.56	-9.84	-30.11	1.00	1
35	7	123	-9.09	-4.36	-6.82	-5.99	0.0	1.00	0
36	7	120	-9.09	-4.36	-6.82	-5.99	0.0	1.00	0
37	7	118	-9.09	-4.36	-6.82	-5.99	0.0	1.00	0
38	7	119	-9.09	-4.36	-6.82	-5.99	0.0	1.00	0
39	7	119	-9.09	-4.36	-6.82	-5.99	0.0	1.00	0
40	8	108	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
41	8	113	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
42	8	107	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
43	8	112	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
44	8	114	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
45	8	114	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
46	8	114	-3.78	-6.61	-6.24	-8.62	0.0	1.00	0
47	9	91	-6.44	-0.92	-10.06	-7.18	0.0	1.00	0
48	9	91	-6.44	-0.92	-10.06	-7.18	0.0	1.00	0
49	9	93	-6.44	-0.92	-10.06	-7.18	0.0	1.00	0
50	9	94	-6.44	-0.92	-10.06	-7.18	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

*** DETERMINACIÓN DEL GEOIDE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	ONO(1)	PESO	CLAVE
31	10	119	-16.92	1.60	-11.32	-0.36	-37.82	1.00	0
32	10	126	-16.92	1.60	-10.86	-1.46	-37.82	1.00	0
33	11	12	-3.78	-13.90	-0.43	-7.40	0.0	1.00	0
34	11	16	-3.78	-13.90	-7.21	0.36	0.0	1.00	0
35	11	16	-3.78	-13.90	-4.38	-7.76	0.0	1.00	0
36	12	17	-0.43	-7.40	-8.46	-8.76	0.0	1.00	0
37	12	16	-0.43	-7.40	-4.38	-7.76	0.0	1.00	0
38	13	16	-6.64	-7.89	-7.21	0.36	0.0	1.00	0
39	13	15	-6.64	-7.89	-8.17	-2.91	0.0	1.00	0
40	13	16	-6.64	-7.89	-10.71	-1.09	0.0	1.00	0
41	13	17	-6.64	-7.89	-11.32	-3.76	0.0	1.00	0
42	14	31	-7.21	0.36	-4.71	-8.49	0.0	1.00	0
43	14	16	-7.21	0.36	-11.12	-0.36	0.0	1.00	0
44	14	20	-7.21	0.36	-7.66	-2.11	0.0	1.00	0
45	15	23	-8.17	-2.91	-6.81	-2.76	0.0	1.00	0
46	15	18	-8.17	-2.91	-10.97	-1.09	0.0	1.00	0
47	16	21	-6.38	-7.76	-6.76	-9.49	0.0	1.00	0
48	16	22	-6.38	-7.76	-6.14	-11.04	0.0	1.00	0
49	16	17	-6.38	-7.76	-8.46	-8.76	0.0	1.00	0
50	17	22	-8.46	-8.76	-6.14	-11.04	0.0	1.00	0
51	17	24	-8.46	-8.76	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
52	18	23	-10.97	-1.09	-6.81	-2.76	0.0	1.00	0
53	18	19	-10.97	-1.09	-11.12	-3.76	0.0	1.00	0
54	19	25	-11.12	-3.76	-8.47	-12.25	0.0	1.00	0
55	20	23	-7.66	0.11	-6.81	-2.76	0.0	1.00	0
56	21	28	-6.76	-9.49	-4.49	-2.95	0.0	1.00	0
57	21	22	-6.76	-9.49	-6.14	-11.04	0.0	1.00	0
58	22	28	-6.14	-11.04	-4.49	-2.95	0.0	1.00	0
59	22	27	-6.14	-11.04	-2.76	-9.49	0.0	1.00	0
60	23	26	-8.17	-2.76	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
61	23	25	-8.17	-2.76	-8.47	-12.25	0.0	1.00	0
62	24	31	-3.66	-8.37	-2.76	-9.49	0.0	1.00	0
63	24	26	-3.66	-8.37	-2.95	-11.04	0.0	1.00	0
64	26	20	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
65	27	30	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
66	27	28	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
67	27	32	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
68	27	33	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
69	27	35	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
70	27	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
71	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
72	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
73	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
74	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
75	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
76	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
77	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
78	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
79	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
80	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
81	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
82	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
83	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
84	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
85	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
86	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
87	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
88	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
89	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
90	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
91	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
92	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
93	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
94	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
95	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
96	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
97	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
98	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
99	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0
100	28	31	-8.47	-12.25	-3.66	-8.37	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	OND(1)	PESO	CLAVE
101	31	34	-4.90	-1.20	-3.58	-2.40	0.0	1.00	0
102	30	37	-8.84	-3.75	-3.38	-2.74	0.0	1.00	0
103	29	37	-3.75	-3.75	-3.38	-2.74	0.0	1.00	0
104	32	34	-3.45	-2.95	-3.45	-10.30	0.0	1.00	0
105	31	34	-3.45	-10.30	-3.45	-8.58	0.0	1.00	0
106	32	33	-3.45	-10.30	-3.45	-10.30	0.0	1.00	0
107	31	34	-3.45	-10.30	-3.45	-10.30	0.0	1.00	0
108	33	38	-3.33	-7.89	-3.36	-4.12	0.0	1.00	0
109	34	35	-3.33	-7.89	-3.36	-4.12	0.0	1.00	0
110	34	37	-3.38	-2.40	-3.29	-3.10	0.0	1.00	0
111	34	41	-3.38	-2.40	-3.29	-2.74	0.0	1.00	0
112	35	40	-3.38	-2.40	-3.29	-2.74	0.0	1.00	0
113	35	39	-10.34	-5.10	-8.85	-3.89	0.0	1.00	0
114	36	38	-10.34	-5.10	-8.85	-3.89	0.0	1.00	0
115	36	42	-5.36	-6.12	-6.69	-8.05	0.0	1.00	0
116	37	44	-5.36	-6.12	-6.69	-8.05	0.0	1.00	0
117	37	43	-3.29	-2.74	-3.31	-2.72	0.0	1.00	0
118	37	41	-3.29	-2.74	-3.31	-2.72	0.0	1.00	0
119	38	44	-2.74	-2.74	-4.84	-0.79	0.0	1.00	0
120	38	39	-8.38	-8.05	-9.35	-3.50	0.0	1.00	0
121	38	42	-8.38	-8.05	-9.35	-3.50	0.0	1.00	0
122	39	40	-8.79	-2.00	-9.43	-6.01	0.0	1.00	0
123	39	43	-8.79	-2.00	-9.43	-6.01	0.0	1.00	0
124	40	43	-3.69	-3.69	-3.23	-3.20	0.0	1.00	0
125	40	43	-3.69	-3.69	-3.23	-3.20	0.0	1.00	0
126	40	41	-3.69	-3.69	-3.23	-3.20	0.0	1.00	0
127	41	44	-3.69	-3.69	-3.23	-3.20	0.0	1.00	0
128	41	47	-3.69	-3.69	-3.23	-3.20	0.0	1.00	0
129	42	44	-4.70	-4.70	-7.84	-5.20	0.0	1.00	0
130	42	47	-4.70	-4.70	-7.84	-5.20	0.0	1.00	0
131	43	52	-5.33	-6.82	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
132	43	52	-5.33	-6.82	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
133	43	50	-5.33	-6.82	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
134	44	49	-3.31	-2.72	-3.12	-2.00	0.0	1.00	0
135	44	49	-3.31	-2.72	-3.12	-2.00	0.0	1.00	0
136	44	49	-3.31	-2.72	-3.12	-2.00	0.0	1.00	0
137	45	53	-1.03	-2.00	-5.12	-4.78	0.0	1.00	0
138	45	53	-1.03	-2.00	-5.12	-4.78	0.0	1.00	0
139	46	51	-1.03	-2.00	-5.12	-4.78	0.0	1.00	0
140	46	51	-1.03	-2.00	-5.12	-4.78	0.0	1.00	0
141	46	50	-5.33	-5.30	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
142	47	52	-5.33	-5.30	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
143	47	53	-5.33	-5.30	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
144	48	51	-1.84	-8.19	-3.71	-7.73	0.0	1.00	0
145	48	53	-1.84	-8.19	-3.71	-7.73	0.0	1.00	0
146	49	52	-3.12	-4.78	-3.00	-10.30	0.0	1.00	0
147	49	52	-3.12	-4.78	-3.00	-10.30	0.0	1.00	0
148	50	54	-3.12	-4.78	-3.00	-10.30	0.0	1.00	0
149	50	54	-3.12	-4.78	-3.00	-10.30	0.0	1.00	0
150	50	54	-3.12	-4.78	-3.00	-10.30	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	OND(1)	PESO	CLAVE
131	50	51	-0.82	-7.98	-6.28	-6.11	0.0	1.00	0
132	51	52	-6.26	-6.11	-6.28	-10.08	0.0	1.00	0
133	51	53	-4.28	-6.11	-6.00	-10.50	0.0	1.00	0
134	51	54	-4.28	-6.11	0.43	-11.18	0.0	1.00	0
135	52	55	-9.09	-9.12	-9.00	-5.32	0.0	1.00	0
136	52	56	-9.09	-9.12	-9.12	-7.73	0.0	1.00	0
137	52	57	-9.09	-9.12	-9.12	-5.10	0.0	1.00	0
138	52	58	-9.09	-9.12	-10.72	-1.75	0.0	1.00	0
139	53	59	-5.71	-7.73	-9.00	-5.32	0.0	1.00	0
140	54	60	-1.20	-5.10	0.43	-11.18	0.0	1.00	0
141	54	61	-1.20	-5.10	-10.72	-1.75	0.0	1.00	0
142	54	62	-1.20	-5.10	-10.72	-1.75	0.0	1.00	0
143	54	63	-6.00	-10.30	-1.91	-6.24	0.0	1.00	0
144	55	64	-6.00	-10.30	-2.67	-10.08	0.0	1.00	0
145	55	65	-1.91	-10.08	0.43	-11.54	0.0	1.00	0
146	56	66	-1.91	-10.08	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
147	56	67	-1.91	-10.08	-5.67	-11.54	0.0	1.00	0
148	57	68	-9.00	-5.32	-10.72	-1.75	0.0	1.00	0
149	57	69	-9.00	-5.32	-5.32	0.10	0.0	1.00	0
150	57	70	-9.00	-5.32	-5.32	-1.57	0.0	1.00	0
151	58	71	0.43	-11.18	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
152	58	72	0.43	-11.18	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
153	59	73	-10.72	-1.75	-10.72	0.10	0.0	1.00	0
154	59	74	-10.72	-1.75	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
155	60	75	-8.39	-9.84	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
156	60	76	-8.39	-9.84	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
157	60	77	-8.39	-9.84	-8.39	-9.84	0.0	1.00	0
158	61	78	-3.67	-11.54	-1.13	-14.03	0.0	1.00	0
159	61	79	-3.67	-11.54	-1.13	-14.03	0.0	1.00	0
160	61	80	-3.67	-11.54	-1.13	-14.03	0.0	1.00	0
161	62	81	-8.28	-4.24	-6.21	-4.73	0.0	1.00	0
162	62	82	-8.28	-4.24	-6.21	-4.73	0.0	1.00	0
163	62	83	-8.28	-4.24	-6.21	-4.73	0.0	1.00	0
164	63	84	-5.20	0.10	-2.49	-1.17	0.0	1.00	0
165	63	85	-5.20	0.10	-2.49	-1.17	0.0	1.00	0
166	64	86	-3.24	-1.17	-4.51	-4.73	0.0	1.00	0
167	64	87	-3.24	-1.17	-4.51	-4.73	0.0	1.00	0
168	64	88	-3.24	-1.17	-4.51	-4.73	0.0	1.00	0
169	65	89	1.13	-14.04	-0.43	-7.20	0.0	1.00	0
170	65	90	1.13	-14.04	-0.43	-7.20	0.0	1.00	0
171	66	91	1.13	-14.04	-0.43	-7.20	0.0	1.00	0
172	66	92	-0.35	-14.06	-1.25	-8.70	0.0	1.00	0
173	66	93	-0.35	-14.06	-1.25	-8.70	0.0	1.00	0
174	67	94	-0.35	-14.06	-1.25	-8.70	0.0	1.00	0
175	67	95	-7.25	-3.18	-1.13	-7.69	0.0	1.00	0
176	67	96	-7.25	-3.18	-1.13	-7.69	0.0	1.00	0
177	67	97	-7.25	-3.18	-1.13	-7.69	0.0	1.00	0
178	68	98	-4.51	-4.73	-8.03	-7.01	0.0	1.00	0
179	68	99	-4.51	-4.73	-8.03	-7.01	0.0	1.00	0
180	68	100	-4.51	-4.73	-8.03	-7.01	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

*** DETERMINACION DEL GEOIDE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	OND(1)	PESO	CLAVE
201	69	73	-9.43	-7.70	-7.41	-3.30	0.0	1.00	0
202	70	71	-8.70	-8.70	-8.32	-7.69	0.0	1.00	0
203	70	71	-1.39	-8.70	-8.32	-3.23	0.0	1.00	0
204	70	74	-1.39	-8.70	1.83	-8.32	0.0	1.00	0
205	71	76	-8.32	-7.69	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
206	71	79	-8.32	-7.69	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
207	72	77	-8.40	-7.01	-8.83	-7.20	0.0	1.00	0
208	72	73	-8.40	-7.01	-8.05	-3.99	0.0	1.00	0
209	72	78	-8.40	-7.01	-7.41	-3.37	0.0	1.00	0
210	73	75	-8.05	-3.99	-7.41	-3.30	0.0	1.00	0
211	73	78	-8.05	-3.99	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
212	74	83	1.83	-8.32	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
213	74	83	1.83	-8.32	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
214	75	79	-7.41	-3.30	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
215	75	80	-7.41	-3.30	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
216	76	79	-8.10	-2.86	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
217	76	82	-8.10	-2.86	-8.10	-2.86	0.0	1.00	0
218	77	81	-3.37	-7.20	-7.20	-3.37	0.0	1.00	0
219	77	81	-3.37	-7.20	-7.20	-3.37	0.0	1.00	0
220	77	81	-3.37	-7.20	-7.20	-3.37	0.0	1.00	0
221	78	81	-3.37	-7.20	-7.20	-3.37	0.0	1.00	0
222	78	84	-1.40	-3.37	-3.37	-3.37	0.0	1.00	0
223	79	83	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
224	79	86	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
225	79	86	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
226	80	87	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
227	80	88	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
228	80	88	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
229	80	89	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
230	81	89	-8.37	-3.23	-8.37	-3.23	0.0	1.00	0
231	81	84	-7.42	-3.38	-5.03	-2.66	0.0	1.00	0
232	81	82	-7.42	-3.38	-5.03	-2.66	0.0	1.00	0
233	82	89	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
234	83	91	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
235	83	86	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
236	84	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
237	84	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
238	84	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
239	85	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
240	85	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
241	85	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
242	86	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
243	86	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
244	86	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
245	87	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
246	88	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
247	88	93	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
248	88	96	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
249	88	96	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0
250	89	92	-6.21	-4.14	-6.21	-4.14	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	OND(1)	PESQ	CLAVE
231	89	101	-3.03	-2.66	-3.83	-0.88	0.0	1.00	0
232	89	93	-3.03	-2.66	-3.70	-2.34	0.0	1.00	0
233	90	94	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
234	90	96	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
235	92	100	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
236	92	102	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
237	92	104	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
238	93	105	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
239	93	107	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
240	93	109	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
241	93	111	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
242	93	113	-2.22	-3.82	-0.10	-6.18	0.0	1.00	0
243	94	101	-0.10	-6.18	-3.83	-0.88	0.0	1.00	0
244	94	103	-0.10	-6.18	-3.83	-0.88	0.0	1.00	0
245	96	98	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
246	96	100	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
247	97	106	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
248	97	108	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
249	98	104	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
250	98	106	-2.84	-6.81	-10.61	-7.33	0.0	1.00	0
251	99	105	-10.61	-7.33	-6.33	-7.93	0.0	1.00	0
252	100	101	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
253	100	103	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
254	100	105	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
255	101	107	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
256	101	109	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
257	101	111	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
258	102	104	-3.08	-7.30	-8.61	-7.10	0.0	1.00	0
259	102	106	-3.08	-7.30	-8.61	-7.10	0.0	1.00	0
260	102	108	-3.08	-7.30	-8.61	-7.10	0.0	1.00	0
261	103	107	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
262	103	109	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
263	104	106	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
264	104	108	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
265	105	107	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
266	105	109	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
267	106	111	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
268	106	113	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
269	106	115	-6.33	-7.93	-3.18	-6.26	0.0	1.00	0
270	107	114	-3.12	-7.00	-8.99	-4.92	0.0	1.00	0
271	107	116	-3.12	-7.00	-8.99	-4.92	0.0	1.00	0
272	107	118	-3.12	-7.00	-8.99	-4.92	0.0	1.00	0
273	108	112	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
274	108	114	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
275	108	116	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
276	109	113	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
277	109	115	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
278	109	117	-6.28	-5.77	-7.21	-6.93	0.0	1.00	0
279	110	114	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
280	110	116	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
281	110	118	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
282	111	119	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
283	111	121	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
284	111	123	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
285	112	120	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
286	112	122	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
287	112	124	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
288	113	121	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
289	113	123	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
290	113	125	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
291	114	122	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
292	114	124	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
293	114	126	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
294	115	123	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
295	115	125	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
296	115	127	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
297	116	124	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
298	116	126	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
299	116	128	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0
300	117	125	-3.28	-4.43	-8.67	-4.63	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	OND(1)	PESQ.	CLAVE.
301	111	112	-7.21	-8.78	-3.87	-6.95	0.0	1.00	0
302	112	116	-5.87	-6.95	-3.53	-8.62	0.0	1.00	0
303	113	116	-5.65	-6.67	-8.99	-4.92	0.0	1.00	0
304	113	115	-5.65	-6.67	-4.34	-3.56	0.0	1.00	0
305	113	118	-5.65	-6.67	-7.18	-3.11	0.0	1.00	0
306	114	118	-8.99	-6.67	-11.52	-0.38	0.0	1.00	0
307	114	118	-8.99	-6.67	-7.19	-3.11	0.0	1.00	0
308	115	118	-4.34	-5.56	-3.53	-8.62	0.0	1.00	0
309	115	116	-4.34	-5.56	-9.50	-7.58	0.0	1.00	0
310	116	121	-3.53	-8.62	-8.82	-6.92	0.0	1.00	0
311	116	121	-3.53	-8.62	-8.82	-6.92	0.0	1.00	0
312	116	121	-3.53	-8.62	-8.82	-6.92	0.0	1.00	0
313	117	124	-3.81	-6.21	-6.20	-11.78	0.0	1.00	0
314	117	124	-7.11	-6.21	-10.09	-13.44	0.0	1.00	0
315	119	123	-4.12	-5.18	-10.09	-13.44	0.0	1.00	0
316	120	121	-4.82	-7.82	-9.30	-11.79	0.0	1.00	0
317	121	122	-9.30	-7.82	-11.07	-6.95	0.0	1.00	0
318	121	124	-9.30	-11.79	-11.07	-6.95	0.0	1.00	0
319	122	124	-4.20	-11.79	-10.37	-10.35	0.0	1.00	0
320	122	124	-4.20	-11.79	-10.37	-10.35	0.0	1.00	0
321	123	125	-10.09	-13.44	-19.78	-4.18	0.0	1.00	0
322	123	125	-10.09	-13.44	-10.86	-3.46	0.0	1.00	0
323	124	126	-11.07	-6.95	-16.16	-6.56	0.0	1.00	0
324	124	127	-11.07	-6.95	-10.37	-10.35	0.0	1.00	0
325	126	127	-16.16	-6.95	-10.37	-10.35	0.0	1.00	0
326	126	127	-16.16	-6.95	-10.37	-10.35	0.0	1.00	0
327	3	25	0.06	-6.68	-8.47	-12.25	-23.29	1.00	0
328	3	21	0.06	-6.68	-6.76	-9.49	-23.29	1.00	0
329	7	123	-9.09	-6.36	-10.09	-13.44	0.0	1.00	0
330	10	123	-16.92	1.60	-10.09	-13.44	0.0	1.00	0
331	25	29	-8.47	-12.25	-5.42	-3.45	0.0	1.00	0
332	42	46	-6.49	-8.70	-9.53	5.30	0.0	1.00	0
333	43	46	-5.33	-6.82	-9.53	5.30	0.0	1.00	0
334	118	119	-7.18	-5.11	-11.52	-0.38	0.0	1.00	0
335	125	126	-19.78	-4.18	-10.86	-3.46	0.0	1.00	0

Tabla 7.2

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N						HOJA	1
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	CNO.GEOTIDE	DESV.TIPICA
SORRAL	1	37.08	-8.24	-17.01	-6.94	-19.51	0.23
MONFORADO	2	38.34	-8.12	-6.60	-8.31	-23.68	0.17
PADRELA	3	41.34	-7.51	0.06	-4.68	-23.89	0.23
LEOMIL	4	39.05	-7.59	-3.21	0.37	-25.46	0.19
MONTEAGIL	5	39.05	-8.11	-2.01	-6.19	-32.63	0.15
MELNICA	-6	39.42	-8.08	0.0	0.0	-30.11	
NO JUSTREL	7	37.22	-8.05	-9.09	-4.36	-37.05	0.22
LISSA	8	37.53	-8.10	-3.78	-6.61	-35.65	0.20
CABECA	9	38.43	-9.08	-9.66	-0.92	-36.12	0.18
PENECA	10	37.11	-7.29	-16.92	1.60	-37.43	0.29
SANPAID	11	41.58	-8.19	-3.78	-13.90	-23.94	0.26
CORDA	12	41.55	-8.43	-0.45	-7.40	-23.58	0.25
SANPAID	13	41.53	-7.30	-6.64	-7.89	-21.56	0.26
LARDUCO	14	41.53	-7.43	-7.21	0.34	-22.86	0.24
DEILAO	15	41.51	-6.35	-8.13	-2.91	-21.21	0.27
PEGADINHA	16	41.46	-8.27	-4.38	-7.76	-28.96	0.24
PROQUEIJU	17	41.45	-8.50	-8.46	-8.74	-26.31	0.25
NOGUEIRA	18	41.43	-10.97	-1.09	-22.14	-22.14	0.25
LAGEO	19	41.43	-7.51	-11.12	-5.36	-22.84	0.25
LUZ	20	41.40	-6.18	-7.68	0.11	-21.87	0.23
CABREIRA	21	41.38	-8.03	-6.76	-4.49	-23.59	0.22
SAMEIRO	22	41.32	-8.22	-6.14	-11.04	-23.37	0.22
CAMPO DE VIEIRAS	23	41.32	-8.34	-6.81	-4.74	-25.39	0.23
SAN FELIX	24	41.26	-8.47	-5.66	-5.37	-26.44	0.25
BITRES	25	41.26	-8.56	-5.78	-16.45	-25.11	0.26
SRA DA ASSUNCAO	26	41.23	-7.53	-2.70	-2.57	-23.33	0.20
CITANIA	27	41.19	-7.53	-2.70	-2.57	-23.33	0.20
PARAO	28	41.15	-7.12	-5.42	-8.44	-24.75	0.21
PINITE LOVA	29	41.13	-6.46	-4.90	-8.82	-23.73	0.24
LAGIACA	30	41.12	-7.36	-4.90	-10.20	-24.63	0.19
S.DONINGUS	31	41.10	-8.16	-5.65	-10.30	-25.47	0.20
LUZIN	32	41.06	-8.35	-3.93	-7.89	-27.17	0.20
SANTO JVDIO	33	40.58	-7.23	-3.93	-2.40	-25.15	0.19
SIRIGO	34	40.58	-7.23	-3.93	-2.40	-25.15	0.19
TOMADIA	35	40.56	-7.54	-10.34	-5.10	-25.43	0.19
FURACORUJ	36	40.52	-8.40	-5.36	-6.12	-24.06	0.20
MARCOA	37	40.52	-6.59	-3.29	-2.74	-24.93	0.20
COSTA DA CASTANEIRA	38	40.51	-8.17	-4.58	-8.05	-26.31	0.18
CARRIA	39	40.50	-8.07	-4.79	-2.00	-26.45	0.14
ARCO	40	40.49	-7.50	-9.85	-2.69	-26.25	0.14
PISCO	41	40.46	-7.25	-4.84	-0.79	-25.74	0.18
AVEIRO	42	40.39	-8.45	-6.69	-8.70	-29.14	0.19
SRA DO CASTELO	43	40.37	-7.45	-5.53	-6.82	-26.73	0.17
VILAP FORMOSO	44	40.36	-6.51	-3.31	-5.72	-25.14	0.20
JARNELO	45	40.36	-7.08	-1.05	-2.00	-25.62	0.19
CABEZO DA NEVE	46	40.33	-8.11	-9.55	5.50	-27.99	0.17
CABECA ALTA	47	40.32	-7.26	1.13	-2.20	-26.19	0.14
PRATA DE MIRA	48	40.27	-6.48	-7.84	-8.19	-30.12	0.14
GUINALDU	49	40.27	-6.53	-5.12	-5.78	-27.46	0.14
SAN MIGUEL DE VIDDES	50	40.23	-7.56	-3.82	-7.98	-27.34	0.10

Tabla 7.3

RESULTADOS DE LA COMPENSACION *							-0.04	3
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND. GEODE	DES. TIPICA	
MONSARAZ	101	38.27	-7.23	-3.85	-0.88	-32.12	0.16	
S. VICENTE	102	38.19	-8.00	-5.63	-7.30	-32.15	0.14	
MENDRO	103	38.15	-7.47	-5.21	-7.10	-32.16	0.18	
CARRASCALS	104	38.13	-9.06	-5.10	-10.10	-32.16	0.19	
MENTIRAS	105	38.13	-7.56	-5.25	-4.52	-32.70	0.23	
ATALAYA (GRANDOLA)	106	38.10	-7.39	-5.13	-7.35	-36.12	0.19	
ATALAYA (GRANDOLA)	107	38.04	-7.27	-5.12	-7.30	-33.02	0.20	
BEIROS	108	38.03	-8.26	-5.28	-5.77	-35.36	0.25	
BEIROS	109	38.01	-7.52	-5.04	-6.30	-34.32	0.19	
BEIROS	110	37.56	-7.36	-5.28	-4.43	-32.92	0.20	
BARBADINHA	111	37.54	-8.41	-7.21	-8.78	-37.27	0.21	
MONTINHO	112	37.52	-8.26	-5.87	-6.95	-36.53	0.20	
MONTINHO	113	37.49	-7.51	-5.65	-6.97	-36.91	0.20	
AGUA NEGRA	114	37.48	-7.27	-5.99	-4.92	-36.05	0.21	
URZA	115	37.37	-8.04	-6.34	-5.56	-36.04	0.21	
VIGIA	116	37.37	-8.23	-3.55	-8.62	-36.99	0.21	
S. TEODONIO	117	37.30	-8.43	-3.81	-9.21	-38.61	0.23	
QUINTA	118	37.29	-7.51	-7.18	-3.11	-36.13	0.22	
ROMEIRA	119	37.26	-7.32	-11.22	-0.38	-32.93	0.26	
JOIO	120	37.24	-8.23	-4.82	-6.42	-37.88	0.23	
FUJA	121	37.19	-8.36	-5.30	-7.58	-38.80	0.23	
ARRIFANA	122	37.17	-9.52	-6.20	-11.79	-40.01	0.24	
ALCARRIA DO CUME	123	37.14	-7.45	-10.09	-13.44	-37.04	0.24	
PILORA	124	37.13	-8.47	-11.07	-6.95	-38.87	0.24	
PICOTA	125	37.09	-8.07	-15.18	-4.18	-28.81	0.24	
ATALAYA	126	37.03	-8.53	-16.17	-4.51	-20.71	0.25	
ASPA	127	37.03	-7.57	-10.17	-10.53	-41.42	0.25	
JOINAL	128	37.02	-7.53	-10.86	-3.46	-38.67	0.28	

Tabla 7.3

NÚMERO DE OBSERVACIÓN	PUNTO DE ESTACIÓN	TABLA DE MEDIDAS			HOJA RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACIÓN
		PUNTO DE PUNTO	RESIDUO A PRIORI	RESIDUO A POSTERIORI		
1	1	124	-0.2257	0.210+02	-0.0498	0
2	1	121	-0.1899	0.350+02	-0.0320	0
3	1	120	0.3780	0.290+02	0.0700	0
4	1	125	0.9299	0.400+02	0.1487	0
5	1	126	-0.8970	0.310+02	-0.1609	0
6	1	127	-0.1937	0.310+02	-0.0489	0
7	2	94	-0.0336	0.310+02	-0.0173	0
8	2	176	0.0871	0.280+02	0.0173	0
9	2	177	0.1281	0.140+02	0.0368	0
10	2	178	0.1382	0.140+02	0.0796	0
11	2	179	-0.9582	0.210+02	-0.2104	0
12	2	90	0.2431	0.310+02	0.0908	0
13	2	98	0.1473	0.310+02	0.0263	0
14	3	14	-2.4255	0.170+02	-0.5899	0
15	3	14	1.3633	0.140+02	0.3623	0
16	3	19	0.5290	0.230+02	0.1110	0
17	3	31	0.8467	0.150+02	0.2186	0
18	3	28	-0.2806	0.120+02	-0.0818	0
19	4	31	-1.2656	0.320+02	-0.2221	0
20	4	41	-0.3596	0.320+02	-0.0990	0
21	4	40	0.3969	0.360+02	0.1200	0
22	4	35	0.4843	0.370+02	0.0640	0
23	5	84	-0.0798	0.100+02	-0.0243	0
24	5	78	-0.9596	0.100+02	-0.3013	0
25	5	73	-0.3962	0.210+02	-0.0457	0
26	5	90	1.0246	0.270+02	0.1975	0
27	5	85	-0.0510	0.410+02	-0.0080	0
28	5	75	-0.4131	0.220+02	-0.0384	0
29	5	80	0.4650	0.200+02	0.1023	0
30	6	60	-0.1894	0.290+02	-0.0342	1
31	6	62	-0.2800	0.490+02	-0.0601	1
32	6	67	-0.4857	0.190+02	-0.1956	1
33	6	99	-0.7749	0.410+02	-0.0789	1
34	7	112	-0.7112	0.370+02	-0.1704	1
35	7	113	-0.4532	0.330+02	-0.0703	0
36	7	120	0.5573	0.360+02	0.0934	0
37	7	118	-0.2415	0.430+02	-0.0368	0
38	7	125	0.0710	0.440+02	0.0118	0
39	8	114	-0.1741	0.170+02	-0.0413	0
40	8	108	0.2920	0.290+02	0.0545	0
41	8	113	-0.7829	0.310+02	-0.1411	0
42	8	109	-0.7928	0.280+02	-0.1498	0
43	8	112	0.4162	0.460+02	0.0612	0
44	8	116	0.3630	0.270+02	0.0701	0
45	9	96	0.4983	0.210+02	0.1097	0
46	9	96	1.4523	0.590+02	0.1889	0
47	9	91	0.5419	0.320+02	0.1021	0
48	9	93	-0.4846	0.230+02	-0.1011	0
49	9	97	-0.8922	0.370+02	-0.1465	0
50	9	99	-1.2516	0.290+02	-0.2327	0

Tabla 7.4

T A B L A D E R E S I D U O S		H O J A		P E S O		P E S I D U O S		C L A S E D E L A	
NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION VISADO	RESIDUO PONDERADO	RESIDUO A PRIORI	PUNTO DE ESTACION VISADO	RESIDUO PONDERADO	RESIDUO A PRIORI	PUNTO DE ESTACION VISADO	RESIDUO PONDERADO	RESIDUO A PRIORI
31	10	0.1270	0.320+02	0.0223	0				
32	10	-0.1711	0.170+02	-0.0420	0				
33	11	-0.6153	0.230+02	-0.1300	0				
34	11	0.9969	0.100+02	0.3154	0				
35	11	-0.0347	0.420+02	-0.0054	0				
36	12	-0.3696	0.390+02	-0.0443	0				
37	12	-0.0174	0.330+02	-0.0033	0				
38	13	0.2867	0.720+02	0.0543	0				
39	13	-1.3246	0.290+02	-0.0413	0				
40	13	-0.7826	0.370+02	-0.1182	0				
41	14	1.4233	0.240+01	0.4421	0				
42	14	-1.8102	0.170+02	-0.4439	0				
43	14	-0.9044	0.110+02	-0.2300	0				
44	15	0.2714	0.260+02	0.0324	0				
45	15	0.4740	0.210+02	0.1043	0				
46	15	0.4135	0.360+02	0.0689	0				
47	15	0.0479	0.190+02	0.0109	0				
48	16	0.3151	0.360+02	0.0164	0				
49	16	0.1272	0.230+02	0.0240	0				
50	17	0.3324	0.120+02	0.0950	0				
51	17	-0.7731	0.190+02	-0.1763	0				
52	18	-1.3628	0.260+02	-0.2656	0				
53	18	1.5329	0.370+02	0.2358	0				
54	19	-0.4430	0.220+02	-0.1038	0				
55	19	0.9639	0.220+02	0.2051	0				
56	20	0.2347	0.360+02	0.0392	0				
57	21	0.1342	0.130+02	0.0387	0				
58	21	-1.3726	0.310+02	-0.2549	0				
59	22	0.2247	0.940+01	0.0712	0				
60	22	-0.7337	0.260+02	-0.0241	0				
61	23	0.2303	0.900+02	0.1432	0				
62	23	-1.3733	0.170+02	-0.3364	0				
63	24	-0.7707	0.270+02	-0.1581	0				
64	24	-0.7466	0.170+02	-0.1853	0				
65	25	-0.1309	0.210+02	-0.0289	0				
66	25	-0.5343	0.250+02	-0.1065	0				
67	26	0.2310	0.480+02	0.0335	0				
68	26	-1.2404	0.140+02	-0.3298	0				
69	27	-0.3990	0.690+02	-0.0482	0				
70	27	0.9189	0.300+02	0.1585	0				
71	28	0.3017	0.430+02	0.0460	0				
72	28	-0.9831	0.210+02	-0.2176	0				
73	29	-0.2282	0.320+02	-0.0402	0				
74	29	0.8654	0.190+02	0.2270	0				
75	29	0.2529	0.260+02	0.0493	0				
76	30	-0.2552	0.340+02	-0.0440	0				
77	30	-0.5350	0.170+02	-0.1308	0				
78	31	-1.3850	0.170+02	-0.3367	0				

Tabla 7.4

*** DETERMINACION DEL GEIDE EN PORTUGAL POR MINUS CUADRADOS ***

O NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION VISADO	T A B L A D E R E S I D U O S		MOJA RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
		RESIDUO PONDERADO	A PRIORI		
101	31	0.4814	0.260-02	0.0933	0
102	30	0.5977	0.140-02	0.1604	0
103	29	0.5427	0.120-02	0.1600	0
104	28	0.6955	0.230-02	-0.1494	0
105	32	-1.0364	0.210-02	0.2280	0
106	32	0.4425	0.160-02	0.1114	0
107	33	0.4181	0.360-02	0.0702	0
108	33	-0.5053	0.180-02	-0.1185	0
109	34	-0.8736	0.130-02	-0.2384	0
110	34	0.2818	0.200-02	0.0625	0
111	34	0.7911	0.510-02	0.1107	0
112	35	-0.6989	0.130-03	-0.0617	0
113	35	-0.0115	0.260-02	-0.0015	0
114	36	-0.4816	0.240-02	-0.0974	0
115	36	0.7635	0.410-02	0.1196	0
116	37	-0.6034	0.260-02	-0.1199	0
117	37	0.8844	0.250-02	0.1781	0
118	37	0.9617	0.180-02	0.2297	0
119	38	-1.6024	0.220-02	-0.3442	0
120	38	0.0550	0.130-03	0.0077	0
121	38	-0.8981	0.120-02	-0.2372	0
122	39	-0.1452	0.120-02	-0.0372	0
123	39	1.1152	0.150-02	0.3252	0
124	40	-0.5758	0.150-02	-0.3284	0
125	40	-0.6836	0.170-02	-0.0843	0
126	41	-1.1943	0.300-02	-0.1921	0
127	41	0.4987	0.280-02	0.2260	0
128	41	0.4987	0.240-02	0.1020	0
129	41	1.1909	0.180-02	0.1931	0
130	42	0.1781	0.180-02	0.0252	0
131	42	0.3287	0.120-02	0.0950	0
132	43	0.5105	0.320-02	0.0905	0
133	43	-2.2186	0.210-02	-0.4878	0
134	43	1.3749	0.280-02	0.2030	0
135	44	1.0474	0.450-02	0.1370	0
136	44	-1.0633	0.800-02	-0.1123	0
137	45	-0.3063	0.350-02	-0.0516	0
138	45	0.4308	0.260-02	0.0347	0
139	45	0.7784	0.370-02	0.1289	0
140	45	1.3984	0.420-02	0.2163	0
141	45	-2.1589	0.320-02	-0.3791	0
142	47	0.3795	0.310-02	0.1038	0
143	47	-0.2659	0.210-02	-0.0578	0
144	48	-0.4213	0.180-02	-0.0722	0
145	48	0.5213	0.130-02	0.2406	0
146	49	-1.7344	0.180-02	-0.0842	0
147	49	-0.3140	0.130-02	-0.1176	0
148	50	-0.6781	0.130-02	-0.0378	0
149	50	0.2882	0.160-02	0.0761	0
150	50	-0.3078	0.160-02	-0.0761	0

Tabla 7.4

T A B L A D E R E S I D U O S		P E S O		H O J A		CLASE DE LA	
NUMERO DE	PUNTO DE	RESIDUO	A PRIORI	RESIDUO SIN	PONDERAR	CLASE DE LA	OBSERVACION
CONSERVACION	ESTACION	VISADO					
131	30	11	-0.4083	0.200-02	-0.1791	0	
132	31	24	0.1937	0.130-02	0.0941	0	
133	31	26	0.3189	0.120-02	0.0924	0	
134	31	28	0.1445	0.210-02	0.0355	0	
135	32	27	0.4106	0.140-02	0.1113	0	
136	32	23	1.3839	0.150-02	0.3554	0	
137	32	24	-0.7019	0.620-02	-0.0391	0	
138	32	29	-2.4360	0.250-02	-0.4910	0	
139	33	57	1.1035	0.610-02	0.1418	0	
140	34	58	-0.5931	0.210-02	-0.1295	0	
141	34	59	-0.3364	0.210-02	-0.0738	0	
142	34	56	0.2593	0.140-02	0.0685	0	
143	35	56	0.5073	0.220-02	0.1382	0	
144	35	61	0.3497	0.230-02	0.0729	0	
145	36	58	1.4271	0.400-02	0.2256	0	
146	36	60	-1.1585	0.260-02	-0.2262	0	
147	36	61	0.6135	0.120-02	0.1772	0	
148	37	59	0.7935	0.350-02	0.1349	0	
149	37	63	0.2735	0.130-02	0.0784	0	
150	37	64	0.9365	0.120-02	0.2684	0	
151	38	62	-1.8793	0.240-02	-0.3840	0	
152	38	60	-0.4812	0.310-02	-0.0677	0	
153	39	63	-1.1065	0.120-02	-0.1327	0	
154	39	62	-0.7584	0.120-02	-0.0002	0	
155	40	61	0.5119	0.120-02	0.1538	0	
156	40	69	-0.9139	0.120-02	-0.1330	0	
157	40	67	-0.9326	0.150-02	-0.2530	0	
158	41	64	0.4113	0.340-02	0.0733	0	
159	41	66	0.2136	0.350-02	0.0392	0	
160	61	64	1.2591	0.110-02	0.3679	0	
161	62	68	0.2734	0.150-02	0.0714	0	
162	63	73	0.2092	0.880-01	0.3706	0	
163	63	64	-1.3656	0.180-02	-0.3232	0	
164	63	66	0.2383	0.370-02	0.0391	0	
165	64	68	0.0956	0.120-02	0.0274	0	
166	64	77	-0.9612	0.860-01	-0.3269	0	
167	64	77	1.6628	0.630-02	0.2789	0	
168	65	66	-1.3458	0.310-02	-0.2511	0	
169	65	70	-0.6198	0.260-02	-0.1204	0	
170	65	67	1.2978	0.530-02	0.1790	0	
171	66	76	1.2165	0.190-02	0.2316	0	
172	66	71	-1.1348	0.310-02	-0.2168	0	
173	67	75	0.6115	0.290-02	0.1128	0	
174	67	69	0.2404	0.560-02	0.0301	0	
175	67	76	0.7206	0.230-02	0.1404	0	
176	68	72	-0.7218	0.270-02	-0.1041	0	
177	68	77	-1.6600	0.110-02	-0.0143	0	
178	68	77	0.0473	0.110-02	0.0143	0	
179	69	73	0.3798	0.290-02	0.0701	0	
200							

Tabla 7.4

*** DETERMINACIÓN DEL GEJIDE EN PORTUGAL POR MINUS CUADRADOS ***

O NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	T A B L A D E VISADO	M E S I D U R O S			RESIDUO SIN PODERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
			PONDERADO	PESO A PRIORI	HOJA PODERAR		
201	69	75	-0.4678	0.500+02	-0.0664	0	
202	70	71	-0.3076	0.430+02	-0.0470	0	
203	70	79	-0.4259	0.220+02	-0.1762	0	
204	70	74	0.3546	0.590+02	0.0462	0	
205	71	76	-0.4472	0.780+02	-0.0961	0	
206	71	79	-1.7246	0.250+02	-0.3424	0	
207	72	77	0.2748	0.460+02	0.0412	0	
208	72	73	-0.7226	0.230+02	-0.1492	0	
209	72	78	0.9772	0.610+02	0.1246	0	
210	73	75	0.1247	0.210+02	0.0279	0	
211	73	78	-0.0358	0.160+02	-0.0090	0	
212	74	79	-0.3248	0.170+02	-0.0785	0	
213	74	83	1.0147	0.160+02	0.2356	0	
214	75	76	-0.0647	0.310+02	-0.0116	0	
215	75	80	-0.1497	0.410+02	-0.0233	0	
216	76	80	-0.1320	0.410+02	-0.0206	0	
217	76	79	0.3417	0.250+02	0.0680	0	
218	77	82	0.4545	0.170+02	0.1109	0	
219	77	41	-1.0000	0.300+02	-0.1317	0	
220	77	78	-0.3707	0.370+02	-0.0976	0	
221	78	81	-0.3281	0.190+02	-0.0519	0	
222	78	84	1.1813	0.280+02	0.1313	0	
223	79	87	-0.2470	0.130+02	-0.0645	0	
224	79	80	-0.2888	0.160+02	-0.1701	0	
225	79	86	-2.1188	0.290+02	-0.3939	0	
226	80	37	0.4544	0.240+02	0.0935	0	
227	80	38	-0.1043	0.200+02	-0.0241	0	
228	80	39	-0.7227	0.130+02	-0.2043	0	
229	81	49	-1.1794	0.250+02	-0.2359	0	
230	81	34	-0.0753	0.480+02	-0.0108	0	
231	81	82	-0.3905	0.250+02	-0.0780	0	
232	82	39	-0.0094	0.390+02	-0.0313	0	
233	83	91	0.4092	0.270+02	0.0782	0	
234	83	36	-0.0432	0.490+02	-0.0062	0	
235	83	39	0.1337	0.200+02	0.0305	0	
236	84	92	0.2376	0.370+02	0.0314	0	
237	84	35	1.2731	0.250+02	0.2345	0	
238	84	32	-1.0822	0.190+02	-0.2336	0	
239	85	90	0.8720	0.410+02	0.1359	0	
240	85	74	-0.5367	0.730+02	-0.2834	0	
241	86	71	-1.2001	0.210+02	-0.2834	0	
242	86	87	0.4851	0.300+02	0.0681	0	
243	86	83	0.4803	0.240+02	0.0681	0	
244	87	93	0.9517	0.480+02	0.4068	0	
245	87	73	0.7412	0.920+02	0.0771	0	
246	88	73	-0.2653	0.480+02	-0.0183	0	
247	88	90	-3.2017	0.620+02	-0.0257	0	
248	88	74	-0.3453	0.220+02	-0.0361	0	
249	88	76	-0.5805	0.270+02	-0.1125	0	
250	89	92					

Tabla 7.4

O NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	T A B L A D E R E S I D U O S		PESO A PRIORI	RESIDUO SIN Ponderar	CLASE DE LA OBSERVACION
		PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE ESTACION			
241	89	101	0.1499	0.130+02	0.0413	0
242	89	93	-0.3372	0.660+02	-0.0440	0
243	90	94	0.1927	0.370+02	0.0333	0
244	90	94	1.1902	0.370+02	0.1926	0
245	92	94	-0.1093	0.210+02	-0.0323	0
246	92	100	-0.8493	0.190+02	-0.1947	0
247	92	95	-0.0208	0.960+02	-0.0021	0
248	92	101	-0.2040	0.200+02	-0.0343	0
249	93	96	0.0913	0.660+02	0.0112	0
250	93	109	-0.1217	0.330+02	-0.0205	0
251	93	98	0.9157	0.240+02	0.1984	0
252	94	100	1.0998	0.210+02	0.2223	0
253	95	101	-0.5385	0.330+02	-0.0335	0
254	96	98	1.3906	0.610+02	0.1775	0
255	97	99	0.0457	0.540+02	0.0062	0
256	97	98	-1.2675	0.100+02	-0.0153	0
257	98	106	1.6501	0.270+02	0.1598	0
258	98	106	-3.6315	0.190+02	0.1332	0
259	100	106	-0.0911	0.100+02	-0.0135	0
260	100	101	-0.2477	0.520+02	-0.0127	0
261	100	101	0.5253	0.190+02	0.0363	0
262	101	103	0.0043	0.490+02	0.0752	0
263	101	103	-0.7290	0.130+02	0.0011	0
264	101	103	-0.2150	0.260+02	-0.1437	0
265	102	103	0.6676	0.170+02	-0.0528	0
266	102	103	1.0213	0.620+02	0.0449	0
267	102	109	-0.5846	0.210+02	0.2253	0
268	103	109	-0.1217	0.540+02	-0.0793	0
269	103	109	1.0906	0.350+02	-0.0203	0
270	103	110	0.2107	0.230+02	0.2292	0
271	104	106	-0.9131	0.170+02	-0.0309	0
272	104	109	0.5133	0.180+02	0.2149	0
273	104	108	-0.5647	0.150+02	0.1324	0
274	104	108	-0.7031	0.320+02	-0.0398	0
275	105	107	-0.0188	0.280+02	-0.1326	0
276	106	111	-0.4747	0.290+02	-0.0335	0
277	106	108	0.4747	0.480+02	-0.0688	0
278	107	110	-0.4747	0.500+02	0.0618	0
279	107	114	-0.5178	0.230+02	-0.1378	0
280	108	109	-0.9062	0.100+02	-0.2326	0
281	108	111	-0.0395	0.340+02	-0.0086	0
282	108	112	-0.2303	0.650+02	-0.0993	0
283	109	113	0.0149	0.250+02	0.0031	0
284	109	110	-0.5199	0.440+02	-0.0304	0
285	110	114	1.0747	0.650+02	-0.0743	0
286	110	113	0.0470	0.390+02	0.1714	0
287	111	113	0.0940	0.130+02	0.0223	0
288	111	117	0.0940	0.130+02	0.0262	0
289	111	112	-0.1416	0.510+02	-0.0197	0

Tabla 7.4

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMUS CUADRADOS ***

O OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	T A B L A D E R E S U L T A D O S		CLASE DE LA OBSERVACION
		PUNTO DE VISADO	RESIDUO PONDERRADO	
301	112	-0.3039	0.320-02	0
302	113	-0.3756	0.310-02	0
303	114	3.5346	0.300-02	0
304	115	3.2787	0.190-02	0
305	116	-2.4749	0.150-02	0
306	117	3.0342	0.100-02	0
307	118	3.5133	0.440-02	0
308	119	-2.6614	0.330-02	0
309	120	3.0741	0.170-02	0
310	121	-2.2422	0.440-02	0
311	122	3.5534	0.350-02	0
312	123	-0.2308	0.490-02	0
313	124	3.8136	0.340-02	0
314	125	3.9722	0.300-02	0
315	126	-1.6227	0.300-02	0
316	127	3.5023	0.460-02	0
317	128	-2.2732	0.450-02	0
318	129	3.5913	0.460-02	0
319	130	-2.1837	0.230-03	0
320	131	-2.8330	0.220-03	0
321	132	-1.3358	0.220-03	0
322	133	3.1130	0.400-03	0
323	134	-2.1130	0.400-03	0
324	135	0.4271	0.480-02	0
325	136	-1.1632	0.390-02	0

Tabla 7.4

ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LAS OBSERVACIONES					HOJA	1	ENC.C. DE LA OBSERVACION
N.OBS	NPE	NPV	DIFERENCIA ONDULACION CALCULADA	DIFERENCIA ONDULACION COMPENSADA			
1	1	124	0.31	0.46	20.37		0.11
2	1	121	-0.67	-0.71	35.11		0.10
3	1	120	-1.90	-1.83	29.15		0.11
4	1	125	-3.85	-0.70	40.14		0.12
5	1	126	1.37	1.21	31.10		0.12
6	1	7	-2.41	-2.46	17.35		0.11
7	2	94	-0.96	-0.97	36.97		0.11
8	2	96	0.77	0.75	25.34		0.12
9	2	100	-0.90	-0.86	18.83		0.11
10	2	102	-0.01	-0.07	33.81		0.12
11	2	134	1.23	1.02	30.51		0.10
12	2	90	-0.35	-1.29	31.11		0.11
13	2	98	-0.15	-1.08	16.31		0.17
14	3	14	3.07	0.43	14.16		0.16
15	3	15	-1.04	-1.01	22.77		0.16
16	3	19	0.54	0.80	15.07		0.15
17	3	24	0.55	0.86	11.76		0.16
18	4	31	-0.55	-0.78	32.47		0.12
19	4	41	0.38	0.28	31.94		0.11
20	4	40	0.67	0.79	55.89		0.09
21	4	35	0.30	0.37	57.31		0.09
22	5	84	-1.08	-1.10	10.33		0.13
23	5	78	-1.49	-1.79	10.14		0.13
24	5	73	-1.19	-1.28	21.39		0.13
25	5	90	0.56	0.75	26.90		0.11
26	5	85	-0.08	-0.09	41.11		0.11
27	5	75	-0.06	-0.15	21.76		0.12
28	5	80	0.74	0.85	20.45		0.12
29	6	60	29.87	29.84	29.35		0.12
30	6	62	29.06	29.02	48.84		0.11
31	6	67	31.41	31.37	19.01		0.12
32	6	67	31.45	31.38	41.34		0.12
33	6	69	31.55	31.35	17.11		0.12
34	6	73	-0.94	-1.01	35.97		0.11
35	7	115	-0.53	-0.63	43.04		0.11
36	7	120	-0.84	-0.83	17.37		0.12
37	7	118	-0.84	-1.72	43.61		0.11
38	7	123	-0.02	-0.06	17.37		0.11
39	7	116	-0.02	-0.30	30.72		0.11
40	8	108	-0.51	-0.70	30.72		0.11
41	8	113	-1.28	-1.31	28.00		0.11
42	8	112	-0.81	0.98	46.22		0.13
43	8	115	0.32	0.39	26.84		0.12
44	8	116	1.23	1.34	20.63		0.11
45	9	36	-1.04	-0.85	59.11		0.13
46	9	31	0.27	0.37	32.45		0.13
47	9	31	-0.92	-1.02	22.96		0.12
48	9	31	0.16	0.01	37.10		0.12
49	9	97	1.40	1.16	28.93		0.13

Tabla 7.5

*** DETERMINACION DEL GEIDE EN PUNTAS POR MINIMOS CUADRADOS ***

PUNTO	ERRORES MEDIOS CUADRADOS DE LAS OBSERVACIONES			*	HOJA	2	E.M.C. DE LA OBSERVACION
	NPE	NPV	DIFERENCIA CALCULADA	DIFERENCIA OBSERVACION COMPENSADA	DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION	
51	10	119	-1.93	-1.90	0.02	32.42	0.16
52	10	128	1.28	1.23	-0.04	16.61	0.13
53	11	12	1.77	1.66	-0.13	22.63	0.13
54	11	14	-1.40	-1.08	0.32	9.99	0.19
55	11	16	1.02	1.02	-0.01	41.26	0.13
56	12	17	0.78	0.73	-0.05	38.63	0.11
57	12	16	-0.62	-0.62	-0.00	33.23	0.12
58	13	14	1.30	1.30	0.00	7.21	0.20
59	13	15	-0.84	-0.35	-0.49	20.49	0.14
60	13	18	0.68	0.62	-0.06	35.49	0.12
61	13	19	1.40	1.28	-0.12	37.30	0.12
62	14	16	1.42	1.10	-0.32	16.60	0.17
63	14	21	1.32	1.11	-0.21	16.63	0.17
64	14	19	0.26	0.22	-0.04	10.32	0.18
65	15	20	1.51	1.36	-0.15	26.33	0.15
66	15	23	1.51	1.36	-0.15	20.69	0.13
67	15	12	0.50	0.99	0.49	36.02	0.12
68	16	21	-1.00	-0.99	0.01	19.24	0.15
69	16	21	0.34	0.43	0.09	35.56	0.12
70	16	17	1.33	1.35	0.02	25.10	0.12
71	17	22	-1.02	-0.92	0.09	12.24	0.14
72	17	24	0.60	0.62	0.02	19.22	0.16
73	18	23	0.66	0.39	-0.27	26.33	0.12
74	18	19	0.41	0.67	0.26	36.85	0.12
75	18	25	1.93	1.83	-0.10	21.63	0.13
76	20	23	0.96	0.70	-0.26	22.32	0.14
77	20	23	0.66	0.70	0.04	35.87	0.14
78	21	28	0.74	0.78	0.04	12.76	0.16
79	21	22	1.66	1.42	-0.24	31.19	0.13
80	22	28	-0.37	-0.64	-0.27	9.75	0.14
81	22	27	0.58	0.60	0.02	44.06	0.12
82	22	24	1.69	1.53	-0.16	26.18	0.13
83	23	26	0.52	0.54	0.02	89.73	0.10
84	23	25	1.77	1.44	-0.34	16.67	0.13
85	24	27	-0.80	-0.94	-0.14	27.03	0.13
86	24	33	0.42	0.23	-0.19	30.57	0.13
87	25	26	-0.84	-0.59	-0.25	20.17	0.14
88	25	30	-0.17	-0.27	-0.10	47.63	0.12
89	26	30	-0.37	-0.22	0.15	14.15	0.13
90	26	31	-0.78	-1.22	-0.44	68.60	0.10
91	27	31	1.01	1.18	0.17	29.75	0.12
92	27	35	-0.11	-0.13	-0.02	43.00	0.12
93	28	31	0.41	1.07	0.66	20.67	0.12
94	28	35	1.29	1.07	-0.22	32.20	0.13
95	29	31	-0.41	-0.37	0.04	14.54	0.18
96	29	30	-0.81	-0.59	-0.22	26.31	0.13
97	29	34	0.79	0.83	0.04	33.60	0.11
98	32	33	1.35	1.30	-0.05	16.74	0.12
99	32	39	0.92	0.79	-0.13	16.92	0.11
100	31	35	1.43	1.14	-0.29		

a 7.5

ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LAS OBSERVACIONES							•	HOJA 3	E.M.C. DE LA OBSERVACION
N.º OBS	N.ºE	MPV	DIFERENCIA OBSERVACION CALCULADA	DIFERENCIA OBSERVACION COMPENSADA	DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION			
131	31	34	0.37	0.47	0.10	25.32			0.12
132	32	37	0.59	1.25	0.16	11.89			0.14
133	33	37	0.90	0.66	0.16	11.50			0.15
134	34	32	1.26	1.11	-0.15	22.37			0.12
135	35	38	1.24	1.05	-0.23	20.57			0.12
136	36	35	-0.15	-0.04	-0.11	15.79			0.12
137	37	36	0.82	0.89	0.37	35.32			0.13
138	38	38	-0.14	-0.26	-0.12	18.14			0.13
139	39	35	0.91	0.97	-0.24	13.43			0.12
140	40	37	-0.24	-0.17	0.06	20.34			0.13
141	41	41	0.49	0.39	0.11	51.04			0.11
142	42	35	0.49	0.42	-0.06	128.35			0.07
143	43	39	0.83	0.83	-0.00	36.04			0.09
144	44	36	-1.05	-1.15	-0.10	24.42			0.13
145	45	42	5.06	1.08	0.12	40.73			0.13
146	46	42	3.32	0.20	-0.12	25.53			0.12
147	47	44	0.46	0.64	0.19	24.67			0.12
148	48	37	0.53	0.76	0.23	17.53			0.12
149	49	41	1.41	1.07	-0.34	21.67			0.12
150	50	38	-0.27	-0.26	-0.00	127.35			0.08
151	51	42	2.42	2.22	-0.20	12.51			0.14
152	52	38	-0.58	-0.40	-0.02	44.54			0.09
153	53	40	1.35	1.33	-0.02	25.07			0.12
154	54	46	1.43	1.43	0.13	14.54			0.12
155	55	43	-0.61	-0.33	-0.08	47.14			0.11
156	56	40	-0.86	-0.71	-0.15	20.20			0.11
157	57	41	-0.10	-0.12	-0.23	27.94			0.11
158	58	43	0.94	1.04	0.10	23.89			0.11
159	59	47	3.25	0.45	0.19	38.02			0.11
160	60	44	0.96	0.98	0.03	50.04			0.13
161	61	42	-0.23	-0.14	0.10	11.37			0.15
162	62	51	-0.63	-0.59	-0.09	31.82			0.11
163	63	47	0.85	0.36	-0.49	20.63			0.12
164	64	52	0.36	1.16	0.20	28.04			0.12
165	65	43	0.36	0.43	0.16	44.51			0.11
166	66	44	3.27	2.24	-0.11	89.63			0.09
167	67	44	0.39	0.24	-0.05	35.23			0.10
168	68	43	-0.10	-0.15	0.09	25.86			0.11
169	69	43	0.52	0.60	0.13	36.56			0.11
170	70	45	0.44	0.37	-0.22	41.67			0.12
171	71	46	1.80	1.02	-0.38	32.32			0.12
172	72	46	0.34	-0.04	-0.38	32.14			0.12
173	73	47	0.65	0.86	0.10	20.44			0.12
174	74	53	-0.53	0.03	0.56	16.37			0.14
175	75	51	-1.01	-1.12	-0.11	16.37			0.14
176	76	53	1.12	1.22	0.09	32.45			0.12
177	77	53	1.03	1.15	-0.28	34.57			0.12
178	78	57	1.73	1.11	-0.34	14.51			0.14
179	79	52	-0.64	-0.40	-0.12	24.54			0.10
180	80	54	-0.22	-0.34	-0.04	58.56			0.10
181	81	58	1.02	0.49	-0.08	10.34			0.12

Tabla 7.5

*** DETERMINACION DEL P.E. EN PORTUGAL POR MINUS CUADRADOS ***

N.º OBS	ERRORES MEDIOS CUADRADOS DE LAS OBSERVACIONES				DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION	E.M.C. DE LA OBSERVACION
	NPE	NPV	DIFERENCIA ONDULACION CALCULADA	DIFERENCIA ONDULACION COMPENSADA			
131	30	51	1.24	1.06	-0.18	20.39	0.12
132	31	56	0.74	2.79	0.55	52.59	0.11
133	32	53	2.14	2.33	0.09	11.90	0.14
134	33	49	-0.13	-0.11	0.04	21.47	0.12
135	34	47	-0.13	-0.01	0.11	13.61	0.12
136	35	51	-1.58	-0.91	0.36	15.17	0.12
137	36	54	0.73	0.61	-0.09	62.02	0.10
138	37	59	1.32	0.93	-0.49	24.61	0.12
139	38	57	0.82	0.96	0.14	60.59	0.11
140	39	54	1.26	1.13	-0.13	21.42	0.12
141	40	59	0.29	0.22	-0.07	20.77	0.13
142	41	54	1.19	1.26	0.07	14.32	0.13
143	42	56	-1.65	-1.54	0.11	22.00	0.14
144	43	55	0.78	0.85	0.07	23.07	0.13
145	44	58	-1.13	-0.91	0.23	40.01	0.11
146	45	60	0.27	0.04	-0.23	26.23	0.12
147	46	61	2.22	2.39	0.18	11.88	0.14
148	47	59	0.66	0.80	0.13	34.54	0.12
149	48	63	1.60	1.68	0.08	12.63	0.14
150	49	64	1.14	1.41	0.27	12.18	0.16
151	50	62	-0.25	0.13	0.38	23.95	0.12
152	51	60	1.02	0.95	-0.07	50.54	0.10
153	52	63	1.07	0.88	-0.19	33.22	0.13
154	53	62	1.27	1.05	-0.22	11.64	0.14
155	54	62	-0.82	-0.82	0.00	22.65	0.11
156	55	61	2.34	2.35	-0.01	13.93	0.14
157	56	66	2.77	2.21	-0.53	13.39	0.13
158	57	67	1.99	1.73	-0.27	35.42	0.12
159	58	65	0.94	-0.02	0.54	31.45	0.12
160	59	66	-0.18	0.54	0.37	10.80	0.14
161	60	66	-0.16	0.57	0.16	14.69	0.14
162	61	63	-0.27	-0.17	0.07	8.79	0.14
163	62	64	0.65	2.34	-0.32	17.46	0.16
164	63	68	0.66	0.70	0.04	37.12	0.13
165	64	64	1.40	0.97	-0.03	12.41	0.17
166	65	66	-1.37	1.27	-0.33	8.63	0.18
167	66	71	0.10	-1.16	0.21	63.33	0.10
168	67	70	0.96	-0.14	-0.12	31.15	0.11
169	68	66	-0.66	-0.49	0.19	26.49	0.13
170	69	67	0.72	1.00	-0.28	52.57	0.10
171	70	76	1.24	1.02	-0.22	14.60	0.11
172	71	75	0.79	0.91	0.11	30.37	0.11
173	72	69	-0.22	-0.19	0.03	29.38	0.10
174	73	76	1.33	1.49	0.13	26.04	0.10
175	74	72	0.78	0.92	-0.14	22.81	0.11
176	75	77	0.32	0.71	-0.32	27.32	0.12
177	76	75	1.79	1.21	-0.51	15.93	0.13
178	77	73	-0.10	-0.03	0.07	29.35	0.12

Tabla 7.5

Nº. OBS.	NPE	NDV	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LAS OBSERVACIONES				DIFERENCIA INNOVACION CALCULADA	DIFERENCIA DUAL COMPENSADA	DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION	NOJA	5	E.M.C. DE LA RESERVACION
			DIFERENCIA INNOVACION CALCULADA	DIFERENCIA DUAL COMPENSADA	DIFERENCIA								
201	69	75	-1.16	-1.13	-3.07	49.68	0.10						
202	70	71	-0.93	-0.97	-3.05	42.78	0.11						
203	70	74	0.38	0.25	-3.18	22.13	0.12						
204	70	74	0.76	0.80	-3.05	59.01	0.12						
205	71	76	0.07	-0.02	-3.10	77.70	0.09						
206	71	79	1.52	1.17	-3.34	25.38	0.11						
207	72	77	-3.65	-0.61	-3.04	45.77	0.10						
208	72	75	1.04	0.89	-0.15	23.46	0.12						
209	72	78	0.25	0.38	0.12	61.48	0.10						
210	73	75	1.10	1.12	0.03	21.29	0.12						
211	73	78	-3.50	-0.31	-3.01	15.94	0.12						
212	74	79	-0.53	-0.60	-3.08	17.13	0.14						
213	74	83	-3.02	0.23	-3.26	15.89	0.16						
214	75	76	3.58	0.37	-3.01	30.99	0.11						
215	75	80	1.02	1.00	-3.02	41.20	0.11						
216	76	79	3.45	0.43	-3.07	41.20	0.11						
217	76	79	1.13	1.20	-3.07	25.27	0.11						
218	77	82	3.29	0.39	-3.11	16.30	0.15						
219	77	81	0.92	0.94	-3.16	30.30	0.11						
220	77	78	1.93	-0.39	-3.06	7.13	0.09						
221	78	81	-0.01	0.63	-3.06	28.93	0.11						
222	78	84	3.80	0.84	-3.13	38.35	0.12						
223	79	87	0.33	0.30	-3.07	13.38	0.12						
224	79	80	-3.69	-0.76	-3.07	13.70	0.12						
225	79	86	1.42	1.03	-3.39	28.93	0.11						
226	80	87	1.18	1.27	-3.09	23.60	0.12						
227	80	88	0.63	0.61	-3.02	20.17	0.11						
228	80	90	0.11	-0.08	-3.02	12.52	0.12						
229	81	89	0.50	0.27	-3.24	25.00	0.11						
230	81	84	0.74	0.73	-3.01	48.34	0.10						
231	81	84	0.74	0.73	-3.01	25.07	0.13						
232	81	82	-0.47	-0.55	-3.08	38.66	0.13						
233	82	89	0.82	0.82	-3.00	27.24	0.14						
234	83	91	1.34	1.42	-3.08	48.19	0.11						
235	83	86	3.20	0.59	-3.01	19.17	0.10						
236	84	89	-0.50	-0.47	-3.03	19.17	0.10						
237	84	92	0.21	0.24	-3.03	21.22	0.12						
238	84	85	-0.76	-0.52	-3.03	12.52	0.12						
239	85	92	-0.49	-0.17	-3.14	41.20	0.10						
240	85	90	0.70	0.67	-3.06	72.99	0.09						
241	86	91	1.29	1.23	-3.26	20.77	0.13						
242	86	87	0.19	-0.32	-3.09	30.48	0.11						
243	86	93	-0.61	-0.17	-3.10	21.69	0.11						
244	87	98	-0.67	-0.64	-3.01	58.05	0.08						
245	87	93	3.28	0.35	-3.08	92.32	0.08						
246	87	93	1.05	1.01	-3.04	47.91	0.08						
247	88	93	-0.68	-0.73	-3.03	61.83	0.09						
248	88	90	0.30	0.36	-3.04	91.63	0.08						
249	88	96	0.82	0.71	-3.11	26.61	0.10						
250	89	92	0.32	0.31	-3.11	26.61	0.10						

Tabla 7.5

ERRORES MEDIDOS CUADRATICOS DE LAS OBSERVACIONES					HOJA 6	
N.º OBS	NPE	NºV	DIFERENCIA UNDULACION CALCULADA	DIFERENCIA UNDULACION COMPENSADA	DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION
251	49	101	1.02	1.06	0.04	13.16
252	89	95	0.55	0.21	-0.04	65.80
253	90	94	-0.71	-0.67	0.03	33.45
254	90	96	0.85	1.04	0.20	37.02
255	92	94	0.97	0.94	-0.02	21.16
256	92	100	1.24	1.05	0.19	19.02
257	92	95	-0.20	-0.30	0.09	95.54
258	92	101	0.40	0.35	-0.05	19.80
259	93	96	-0.69	-0.68	0.01	66.32
260	103	109	1.01	0.99	-0.02	35.25
261	93	98	-0.44	-0.25	0.19	23.67
262	94	100	-0.15	0.11	-0.26	20.97
263	95	131	0.64	0.35	0.30	21.15
264	95	98	0.25	1.43	0.18	61.49
265	97	99	1.14	0.15	0.99	96.23
266	97	106	0.18	0.13	0.05	10.45
267	97	104	-1.04	-1.28	-0.27	21.84
268	98	104	-0.95	1.47	0.39	17.01
269	98	104	-0.33	-0.16	0.19	18.51
270	99	104	-0.33	-0.96	-0.63	10.09
271	100	103	-0.64	-0.52	-0.01	51.72
272	100	101	0.85	0.93	0.08	19.35
273	100	102	1.22	1.22	0.00	48.81
274	101	103	0.13	-0.02	-0.14	14.92
275	101	107	0.96	0.90	-0.05	25.74
276	101	107	-0.50	-0.41	0.08	16.59
277	102	103	0.35	0.28	0.07	61.81
278	102	109	1.03	0.95	-0.08	20.55
279	102	104	-0.94	0.79	0.23	54.29
280	103	109	1.01	0.99	-0.02	35.35
281	103	107	-0.54	-0.21	0.23	22.65
282	103	110	0.53	0.58	0.05	17.13
283	104	106	1.34	1.62	-0.21	18.06
284	104	109	-0.51	-0.38	0.13	15.02
285	104	108	1.35	1.26	-0.10	31.99
286	105	107	1.05	0.92	-0.13	28.12
287	106	111	-0.95	0.94	-0.00	28.94
288	106	108	-0.30	-0.37	-0.07	48.41
289	107	110	0.83	0.89	0.06	94.64
290	107	114	1.14	1.03	-0.11	23.09
291	108	111	-1.35	-1.53	-0.18	33.23
292	108	111	1.32	0.71	-0.28	19.70
293	108	114	0.43	0.27	-0.03	61.82
294	109	110	-0.59	0.59	0.00	91.72
295	109	110	-0.26	-0.41	-0.05	40.34
296	110	114	0.21	0.14	-0.07	65.10
297	110	114	-0.30	1.00	0.17	39.23
298	111	116	-0.30	-0.24	0.02	15.17
299	111	117	1.31	1.34	0.03	12.93
300	111	112	-0.72	-0.74	-0.02	51.47
						3.10

E.M.C. DE LA
OBSERVACION

*** DETERMINACIÓN DEL GEDIDE EN PORTUGAL POR MÍNIMOS CUADRADOS ***

N.º E	N.º OBS	ERRORES MEDIOS CUADRÁTICOS DE LAS OBSERVACIONES					HOJA	PESO DE LA OBSERVACIÓN	E.M.C. DE LA OBSERVACIÓN
		DIFERENCIA MODULACIÓN CALCULADA	DIFERENCIA MODULACIÓN COMPENSADA	DIFERENCIA					
301	112	0.47	0.47	-0.00	32.43	0.11			
302	113	-0.76	-0.86	-0.11	20.37	0.12			
303	113	1.01	1.13	0.12	29.85	0.13			
304	113	1.13	1.21	0.06	18.75	0.13			
305	114	2.12	2.08	-0.04	10.97	0.13			
306	114	2.06	2.08	0.02	10.32	0.11			
307	115	0.01	0.08	0.07	43.72	0.11			
308	115	0.35	0.95	-0.51	32.75	0.11			
309	116	1.73	1.91	-0.02	17.34	0.11			
310	116	0.72	0.68	-0.04	44.27	0.11			
311	116	1.50	1.62	-0.12	24.73	0.12			
312	117	0.23	0.19	-0.03	49.15	0.11			
313	117	1.26	1.40	0.14	33.92	0.12			
314	118	0.81	0.91	-0.10	30.14	0.14			
315	119	1.81	1.51	0.30	29.72	0.15			
316	120	1.06	1.12	-0.07	56.38	0.10			
317	121	1.23	1.21	-0.04	44.73	0.09			
318	121	1.12	1.17	0.05	66.04	0.09			
319	122	-0.03	-0.04	-0.01	233.91	0.06			
320	122	1.29	1.41	-0.12	46.76	0.09			
321	123	2.06	1.77	-0.29	22.35	0.16			
322	123	1.61	1.63	-0.02	40.44	0.15			
323	124	0.73	0.74	-0.04	100.77	0.08			
324	124	1.43	1.45	-0.02	58.42	0.09			
325	126	0.86	0.71	-0.15	59.47	0.10			

Tabla 7.5

NÚMERO	NPE	NPV	ERRORES MEDIOS CUADRÁTICOS DE LOS RESIDUALES			E.M.C. DEL RESIDUO	RESIDUO TIPIFICADO	HOJA 1	PARÁMETROS DE FIABILIDAD		
			RESIDUO SIN PODERAR	DESV. TIPIFICA A PRIORI	RESIDUO				HA	RA	SA
1	1	124	-0.03	0.22	0.19	-0.26	0.24	1.33	3.94	3.37	3.37
2	1	121	-0.03	0.17	0.13	-0.24	0.26	2.54	4.31	0.73	0.73
3	1	120	0.07	0.19	0.13	0.47	0.26	2.54	4.29	0.79	0.79
4	1	125	0.13	0.16	0.10	1.52	0.26	2.54	4.29	0.79	0.79
5	1	126	-0.16	0.18	0.14	-1.19	0.26	2.54	4.29	0.79	0.79
6	1	126	-0.33	0.24	0.21	-0.22	0.24	1.75	3.93	0.84	0.84
7	2	94	-0.21	0.17	0.13	-0.05	0.24	2.75	4.34	0.75	0.75
8	2	96	-0.02	0.20	0.17	-0.10	0.28	2.17	3.67	0.81	0.81
9	2	100	0.04	0.23	0.20	0.13	0.28	1.94	3.77	0.82	0.82
10	2	102	0.08	0.20	0.17	0.17	0.21	2.21	4.19	0.80	0.80
11	2	104	-0.21	0.22	0.19	-1.13	0.21	2.21	4.19	0.80	0.80
12	2	90	0.03	0.18	0.13	0.33	0.21	2.64	4.30	0.75	0.75
13	3	98	0.03	0.15	0.10	0.33	0.21	2.64	4.30	0.75	0.75
14	3	14	-0.33	0.24	0.21	-1.32	0.27	3.22	4.71	1.14	1.14
15	3	29	0.36	0.24	0.21	1.70	0.27	3.22	4.71	1.14	1.14
16	3	19	0.12	0.21	0.16	0.82	0.24	4.34	5.34	1.12	1.12
17	3	21	0.12	0.21	0.16	1.04	0.24	4.34	5.34	1.12	1.12
18	4	28	-0.42	0.26	0.23	-0.33	0.29	2.46	4.23	1.09	1.09
19	4	31	-0.32	0.18	0.13	-1.63	0.29	2.21	4.09	1.19	1.19
20	4	41	-0.10	0.18	0.14	-0.72	0.30	3.01	4.56	0.93	0.93
21	4	40	0.12	0.13	0.10	1.23	0.30	3.01	4.56	0.93	0.93
22	4	35	0.06	0.13	0.10	0.67	0.27	3.23	4.71	0.83	0.83
23	5	84	-0.02	0.31	0.28	-0.09	0.17	1.54	3.77	1.17	1.17
24	5	78	-0.30	0.22	0.18	-1.06	0.17	1.54	3.77	1.17	1.17
25	5	73	-0.09	0.19	0.16	-0.49	0.24	2.43	4.22	0.91	0.91
26	5	90	0.20	0.16	0.11	1.23	0.24	2.43	4.22	0.91	0.91
27	5	35	-0.01	0.22	0.19	-0.07	0.29	2.34	4.16	0.75	0.75
28	5	80	0.10	0.18	0.14	-0.50	0.22	2.34	4.16	0.75	0.75
29	5	75	-0.09	0.21	0.18	-0.35	0.22	2.20	4.09	0.90	0.90
30	6	60	-0.03	0.14	0.10	-0.24	0.20	2.80	4.44	0.82	0.82
31	6	62	-0.04	0.14	0.09	-0.44	0.20	2.80	4.44	0.82	0.82
32	6	67	0.16	0.23	0.20	0.81	0.26	4.11	5.36	3.77	3.77
33	6	69	-0.07	0.16	0.11	-0.63	0.21	3.21	4.71	0.83	0.83
34	6	73	0.17	0.24	0.20	0.83	0.27	2.09	4.03	0.79	0.79
35	7	115	-0.07	0.17	0.13	-0.23	0.21	3.84	4.89	0.74	0.74
36	7	120	0.09	0.17	0.12	0.23	0.21	3.84	4.89	0.74	0.74
37	7	118	-0.04	0.15	0.10	-0.13	0.20	4.23	5.24	0.87	0.87
38	7	123	0.01	0.15	0.11	0.12	0.20	4.23	5.24	0.87	0.87
39	8	116	0.04	0.16	0.11	-0.20	0.22	1.84	3.89	0.93	0.93
40	8	119	-0.04	0.16	0.11	-0.36	0.24	2.44	4.22	0.79	0.79
41	8	113	0.04	0.16	0.11	-0.99	0.27	2.64	4.34	0.74	0.74
42	8	114	-0.14	0.13	0.10	-0.99	0.27	2.64	4.34	0.74	0.74
43	9	112	0.06	0.13	0.10	0.59	0.29	3.40	4.84	0.71	0.71
44	9	115	0.07	0.13	0.10	0.59	0.29	3.40	4.84	0.71	0.71
45	9	116	0.11	0.22	0.19	0.45	0.26	2.58	4.30	0.83	0.83
46	9	86	0.19	0.13	0.10	0.35	0.27	2.09	4.03	0.79	0.79
47	9	91	0.10	0.16	0.11	2.34	0.27	3.35	5.24	3.72	3.72
48	9	93	-0.10	0.21	0.17	0.83	0.27	3.35	5.24	3.72	3.72
49	9	77	-0.15	0.16	0.11	-0.59	0.23	2.40	4.19	0.87	0.87
50	9	99	-0.23	0.13	0.10	-1.31	0.24	3.72	5.27	3.13	3.13
						-1.79	0.21	3.51	4.91	3.31	3.31

N.º OBS	MPE	MPV	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES			E.M.C. DEL RESIDUO	HOJA 2	PARAMETROS DE FIABILIDAD		
			RESIDUO SIN PONDERAR	DES. V. TIPICA A PRIORI	RESIDUO TYPIFICADO			MR	MB	RB
51	10	119	0.02	0.18	0.07	0.07	0.31	7.76	4.49	1.49
52	10	129	-0.04	0.25	0.15	0.15	-0.24	4.34	5.33	1.36
53	11	12	-0.13	0.31	0.15	0.15	-0.86	4.49	4.80	1.01
54	11	14	-0.12	0.31	0.23	0.23	1.24	3.35	4.33	1.37
55	11	14	-0.01	0.12	0.09	0.09	-0.06	6.69	5.14	0.95
56	12	17	-0.03	0.13	0.06	0.06	-0.76	6.20	1.09	0.33
57	12	16	-0.00	0.17	0.12	0.12	-0.03	3.35	4.80	0.33
58	13	14	0.10	0.37	0.32	0.32	0.31	2.12	4.34	1.51
59	13	15	0.29	0.22	0.17	0.17	1.74	2.91	4.51	1.00
60	13	18	-0.06	0.16	0.11	0.11	0.42	4.51	5.23	0.41
61	13	19	-0.12	0.16	0.11	0.11	-0.54	3.74	5.23	0.41
62	14	16	0.64	0.39	0.35	0.35	-1.09	3.92	5.21	0.35
63	14	21	-0.44	0.25	0.18	0.18	1.84	1.71	5.34	1.52
64	14	19	-0.28	0.31	0.23	0.23	-2.51	3.29	4.76	1.17
65	15	20	0.05	0.19	0.12	0.12	-1.11	0.34	4.22	1.30
66	15	23	0.10	0.22	0.18	0.18	0.43	4.25	5.27	1.06
67	15	18	0.07	0.17	0.11	0.11	0.61	3.74	5.28	0.94
68	15	21	0.01	0.23	0.18	0.18	0.06	4.41	5.33	0.52
69	16	22	0.09	0.17	0.11	0.11	0.75	3.35	5.33	0.52
70	16	17	0.02	0.20	0.16	0.16	0.13	3.35	5.33	0.52
71	17	22	0.09	0.29	0.23	0.23	0.58	3.35	5.33	1.13
72	17	24	-0.18	0.23	0.13	0.13	-1.77	3.35	5.33	1.13
73	18	23	-0.27	0.19	0.13	0.13	-2.21	3.35	5.33	1.13
74	18	19	0.26	0.16	0.12	0.12	0.61	3.35	5.33	1.13
75	18	25	-0.10	0.22	0.17	0.17	-0.23	3.01	4.33	0.34
76	19	25	0.21	0.21	0.17	0.17	0.43	3.01	4.33	0.34
77	20	23	0.04	0.27	0.23	0.23	0.17	3.35	5.33	1.10
78	21	28	0.05	0.18	0.12	0.12	0.17	3.35	5.33	1.10
79	21	22	-0.05	0.33	0.29	0.29	-2.05	3.82	5.14	0.92
80	21	22	-0.27	0.15	0.10	0.10	-0.25	1.70	3.84	1.23
81	22	27	0.02	0.15	0.10	0.10	0.25	4.14	5.33	0.41
82	22	24	-0.15	0.20	0.15	0.15	-0.99	3.06	4.60	0.30
83	23	26	0.02	0.11	0.04	0.04	0.62	6.61	9.27	0.98
84	23	27	-0.35	0.24	0.21	0.21	-1.61	2.13	5.04	0.99
85	24	27	-0.15	0.19	0.14	0.14	-1.04	3.13	4.65	0.59
86	24	33	-0.19	0.24	0.19	0.19	-0.97	3.82	4.36	1.05
87	25	26	-0.03	0.22	0.18	0.18	-0.16	2.46	4.23	0.43
88	25	30	-0.11	0.20	0.14	0.14	-0.74	3.32	4.73	0.45
89	26	30	0.03	0.14	0.07	0.07	0.43	3.70	6.66	0.47
90	27	28	-0.33	0.27	0.23	0.23	-1.42	1.90	3.93	1.54
91	27	32	-0.05	0.12	0.07	0.07	-0.70	4.93	6.02	0.73
92	27	33	0.17	0.18	0.14	0.14	1.19	2.84	4.46	0.52
93	28	31	0.05	0.15	0.10	0.10	0.46	3.35	5.27	0.60
94	28	33	-0.22	0.22	0.15	0.15	-1.14	3.35	5.27	0.60
95	29	31	-0.04	0.18	0.12	0.12	-0.33	3.35	5.27	0.60
96	29	30	0.23	0.26	0.20	0.20	1.15	3.35	5.27	0.60
97	29	34	0.03	0.19	0.14	0.14	0.46	3.35	5.27	0.60
98	32	33	-0.04	0.17	0.13	0.13	-0.24	2.64	4.59	0.74
99	32	39	-0.13	0.24	0.21	0.21	-0.61	1.83	3.32	0.46
100	31	35	-0.34	0.24	0.22	0.22	-1.56	1.73	3.37	0.74

Tabla 7.6

N.º OBS	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES				E.M.C. DEL RESIDUO	HOJA 3	PARAMETROS DE FIABILIDAD			
	NPE	MPV	RESIDUO SIN PONDERAR	DESV. TIPICA A PRIORI			RESIDUO TIPIFICADO	MA	MA	MA
101	31	34	0.10	0.20	0.16	0.61	0.37	2.64	4.34	0.46
102	30	37	0.16	0.27	0.20	0.82	0.24	3.21	4.70	1.26
103	29	37	0.16	0.29	0.20	0.63	0.26	2.51	3.99	1.18
104	32	38	-0.15	0.21	0.17	-0.86	0.35	2.50	4.25	0.49
105	32	38	-0.23	0.22	0.19	-1.22	0.28	2.16	4.06	0.99
106	33	33	0.11	0.15	0.12	0.50	0.23	1.67	3.32	0.76
107	33	36	0.17	0.17	0.10	0.70	0.64	4.53	5.73	0.45
108	34	38	-0.12	0.21	0.20	-0.60	0.24	2.17	4.37	0.45
109	34	38	-0.14	0.22	0.24	-0.94	0.20	1.7	3.86	1.05
110	34	37	0.16	0.22	0.18	0.35	0.35	2.54	4.27	0.55
111	34	41	0.11	0.16	0.09	1.24	0.59	4.15	5.39	0.75
112	35	40	-0.06	0.09	0.05	-1.21	0.66	4.84	5.94	0.52
113	35	39	-0.03	0.13	0.10	-0.02	0.58	3.23	4.76	0.64
114	36	38	-0.10	0.20	0.15	-0.64	0.43	2.97	4.54	0.92
115	36	42	-0.12	0.16	0.08	-1.46	0.73	5.59	6.56	1.03
116	37	46	-0.12	0.20	0.15	-0.82	0.46	3.17	4.68	0.93
117	37	41	0.23	0.24	0.16	1.12	0.37	2.66	4.35	0.63
118	38	46	-0.34	0.21	0.18	-1.95	0.22	2.37	4.18	0.90
119	38	39	0.00	0.09	0.04	0.13	0.81	7.14	7.92	0.70
120	38	42	-0.02	0.28	0.24	-0.81	0.26	2.05	4.01	1.13
121	39	40	-0.02	0.15	0.12	-0.19	0.40	2.81	4.44	0.97
122	39	46	-0.02	0.20	0.16	-0.14	0.35	2.50	4.25	0.55
123	40	46	0.33	0.26	0.23	1.42	0.22	1.84	3.50	1.72
124	40	43	-0.08	0.15	0.10	-0.56	0.55	3.81	3.23	0.70
125	40	41	-0.15	0.22	0.20	-0.78	0.23	3.36	4.20	0.41
126	41	45	-0.23	0.19	0.13	-1.40	0.36	2.72	4.20	0.41
127	41	43	0.10	0.20	0.17	0.60	0.30	3.71	4.22	0.41
128	41	47	0.19	0.16	0.12	1.40	0.40	3.71	4.22	0.75
129	41	48	0.05	0.14	0.09	0.34	0.25	2.01	3.98	1.08
130	42	51	0.10	0.19	0.24	0.67	0.81	2.83	4.50	0.30
131	42	47	0.09	0.25	0.19	-2.63	0.29	2.14	4.07	0.44
132	43	47	-0.09	0.25	0.19	-2.63	0.29	2.14	4.07	0.44
133	43	52	0.15	0.15	0.15	1.39	0.40	2.80	4.43	0.72
134	43	49	0.16	0.15	0.11	1.47	0.53	3.39	4.83	0.72
135	44	49	-0.11	0.11	0.05	-2.30	0.79	6.60	7.44	0.79
136	44	49	-0.05	0.17	0.13	-0.39	0.39	2.7	4.20	0.74
137	45	53	0.08	0.20	0.16	0.53	0.24	2.46	4.23	0.13
138	45	53	0.13	0.17	0.12	1.06	0.45	3.14	4.66	0.77
139	46	51	0.22	0.15	0.10	2.15	0.58	4.03	5.30	0.12
140	46	50	-0.38	0.18	0.13	-2.94	0.46	3.18	4.69	0.52
141	47	52	0.10	0.18	0.14	0.76	0.42	2.91	4.51	0.51
142	47	53	0.56	0.22	0.18	3.09	0.31	2.31	4.21	0.91
143	47	53	-0.11	0.25	0.20	-0.54	0.34	2.46	4.23	1.74
144	48	51	0.09	0.18	0.10	0.91	0.67	4.53	5.97	1.05
145	48	53	-0.28	0.16	0.11	-2.47	0.21	3.50	4.30	0.79
146	49	53	-0.08	0.27	0.23	-0.37	0.26	2.34	4.00	1.37
147	49	57	-0.12	0.17	0.14	-0.82	0.36	2.56	4.29	0.75
148	50	54	0.04	0.17	0.09	0.44	0.57	3.36	5.24	0.59
149	50	52	0.13	0.13	0.09	0.44	0.57	3.36	5.24	0.59
150	50	58	-0.03	0.25	0.21	-0.35	0.23	1.96	3.96	0.44

Tabla 7.6

N.OBS	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES				E.M.C. DEL RESIDUO	RESIDUO TÍPICO	MCJA	PARAMETROS DE FIABILIDAD		
	NPE	MPV	RESIDUO SIN PONDERAR	DESV.TÍPICA A PRIORI				SB	RA	RB
131	50	51	-0.18	0.22	0.19	-0.96	0.29	2.22	4.39	0.31
132	51	56	0.03	0.16	0.09	0.62	0.60	4.22	5.44	0.71
133	51	55	0.09	0.29	0.23	0.36	0.23	1.69	3.93	1.14
134	51	58	0.04	0.22	0.18	0.20	0.29	2.23	3.08	0.54
135	52	57	0.11	0.27	0.24	0.46	0.21	1.77	3.87	1.75
136	52	53	0.36	0.26	0.22	1.31	0.24	1.91	2.74	0.71
137	52	54	-0.09	0.13	0.04	-1.01	0.34	2.55	3.33	0.87
138	52	59	-0.49	0.20	0.16	-2.05	0.05	2.55	2.74	0.30
139	53	57	0.14	0.15	0.07	2.91	0.70	5.22	6.23	0.31
140	54	58	-0.13	0.22	0.18	-0.71	0.33	2.53	4.13	0.30
141	54	59	-0.07	0.22	0.13	-0.41	0.33	2.62	4.21	0.32
142	54	62	0.07	0.26	0.23	0.30	0.35	2.00	3.98	1.35
143	55	56	0.11	0.21	0.14	0.67	0.42	2.93	5.02	0.36
144	55	61	0.11	0.21	0.14	0.51	0.36	3.71	5.06	1.05
145	56	58	0.33	0.20	0.16	1.97	0.47	3.26	4.76	0.75
146	56	61	-0.13	0.29	0.16	-1.46	0.37	2.63	4.33	0.43
147	57	59	0.18	0.17	0.11	0.70	0.24	1.96	3.96	1.15
148	57	63	0.08	0.29	0.23	1.14	0.52	3.56	4.95	0.34
149	57	64	0.27	0.28	0.24	0.32	0.26	2.34	4.00	1.13
150	58	62	0.18	0.29	0.22	1.20	0.39	2.75	4.40	1.26
151	58	60	-0.19	0.14	0.17	-2.31	0.34	2.47	4.23	0.37
152	59	63	-0.07	0.17	0.09	-0.72	0.55	3.83	5.13	0.72
153	59	62	-0.22	0.29	0.26	-1.67	0.56	3.83	5.19	0.40
154	60	61	0.01	0.21	0.18	-0.86	0.23	1.87	3.91	1.13
155	60	66	-0.43	0.25	0.24	-0.04	0.30	2.23	4.11	0.46
156	60	67	-0.23	0.25	0.22	-2.14	0.20	1.73	3.45	1.09
157	61	65	0.07	0.17	0.12	0.62	0.52	3.53	4.96	0.43
158	61	66	0.04	0.17	0.12	0.32	0.48	3.32	4.78	0.30
159	61	65	0.04	0.30	0.27	1.37	0.22	1.80	3.89	1.18
160	62	63	0.07	0.26	0.22	0.52	0.29	1.47	4.07	1.27
161	62	63	0.07	0.34	0.31	0.23	0.16	1.31	2.76	1.41
162	63	64	-0.32	0.16	0.10	-1.55	0.46	3.13	4.93	0.31
163	63	64	0.04	0.24	0.23	0.12	0.34	2.33	4.23	1.21
164	64	63	0.03	0.24	0.23	0.12	0.34	2.33	4.23	1.21
165	64	77	-0.33	0.34	0.29	-1.64	0.60	4.24	5.46	0.43
166	64	77	-0.21	0.15	0.08	-1.72	0.38	2.72	4.34	0.79
167	65	66	-0.24	0.18	0.14	-0.83	0.44	3.06	4.61	0.30
168	65	70	-0.12	0.19	0.14	-0.93	0.47	3.99	5.27	0.33
169	66	67	0.13	0.24	0.20	1.33	0.23	1.45	3.90	0.30
170	66	76	0.23	0.23	0.20	1.48	0.36	2.52	4.25	0.77
171	67	71	-0.42	0.18	0.15	-1.74	0.32	2.37	5.14	0.77
172	67	71	0.13	0.15	0.09	0.35	0.55	3.82	5.14	0.39
173	67	73	0.41	0.21	0.18	0.85	0.28	2.16	4.06	0.30
174	67	72	0.14	0.15	0.10	1.39	0.36	3.87	5.18	0.73
175	68	77	-0.42	0.19	0.15	-0.11	0.40	2.80	4.44	0.45
176	68	77	-0.01	0.30	0.27	0.03	0.20	1.71	3.84	1.16
177	68	73	0.01	0.18	0.14	0.49	0.33	2.71	4.42	0.12
200	69	73	0.07	0.18	0.14	0.49	0.33	2.71	4.42	0.12

Tabla 7.6

N.OBS	NPE	NPV	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES			E.M.C. DEL RESIDUO	HOJA RESIDUO TIPIFICADO	OB	PARAMETROS DE FIABILIDAD		
			RESIDUO SIN PONDERAR	DESVIATIVA A PRIORI	RESIDUO				RX	RY	SZ
201	69	75	-0.07	0.14	0.10	-0.87	0.32	3.37	4.96	0.70	0.70
202	70	71	-0.05	0.15	0.10	-0.45	0.34	3.70	5.05	0.77	0.77
203	70	73	-0.18	0.21	0.18	-1.00	0.32	2.35	4.16	0.89	0.89
204	70	74	-0.05	0.13	0.06	-0.79	0.80	6.81	7.63	0.99	0.99
205	71	76	-0.10	0.11	0.07	-1.44	0.65	2.74	3.83	0.86	0.86
206	71	79	-0.34	0.20	0.16	-2.08	0.31	2.33	4.16	0.52	0.52
207	72	77	-0.04	0.15	0.11	-0.39	0.48	2.30	4.77	0.70	0.70
208	72	73	-0.15	0.21	0.16	-0.71	0.37	4.61	4.32	0.83	0.83
209	72	78	0.12	0.13	0.08	1.73	0.39	2.13	4.08	0.89	0.89
210	73	75	-0.03	0.22	0.18	-0.42	0.59	2.13	4.08	0.89	0.89
211	73	76	-0.01	0.25	0.22	-0.34	0.53	1.97	3.97	0.99	0.99
212	74	79	-0.08	0.24	0.20	-0.39	0.52	2.37	4.17	1.01	1.01
213	74	83	-0.26	0.25	0.20	-1.00	0.38	2.71	4.38	1.10	1.10
214	75	76	-0.01	0.18	0.11	-0.08	0.35	2.51	4.28	0.77	0.77
215	75	80	-0.11	0.16	0.11	-0.21	0.47	3.23	4.72	0.74	0.74
216	76	76	-0.02	0.16	0.11	-0.18	0.46	3.17	4.68	0.73	0.73
217	76	79	-0.07	0.20	0.17	-0.41	0.31	2.31	4.14	0.82	0.82
218	77	82	0.11	0.20	0.17	0.37	0.36	2.40	4.31	1.05	1.05
219	77	81	-0.18	0.18	0.14	-1.23	0.36	2.60	4.31	0.78	0.78
220	77	81	-0.06	0.16	0.13	-0.37	0.38	2.67	4.35	0.71	0.71
221	78	81	-0.04	0.11	0.07	-0.34	0.63	4.47	5.64	0.65	0.65
222	78	84	-0.33	0.19	0.15	-2.20	0.34	2.49	4.25	0.79	0.79
223	79	83	-0.07	0.17	0.12	-0.33	0.48	3.29	4.76	0.81	0.81
224	79	87	0.17	0.25	0.22	0.76	0.23	1.87	3.91	1.00	1.00
225	79	80	-0.07	0.25	0.22	-0.33	0.22	1.84	3.90	0.98	0.98
226	79	86	-0.39	0.19	0.15	-2.87	0.37	2.63	4.33	0.80	0.80
227	80	87	-0.09	0.21	0.17	-0.35	0.32	2.34	4.16	0.86	0.86
228	80	88	-0.02	0.22	0.19	-0.13	0.26	2.05	4.01	0.89	0.89
229	80	90	-0.20	0.28	0.26	-0.79	0.17	1.57	3.78	1.07	1.07
230	81	89	-0.24	0.20	0.16	-1.44	0.33	2.42	4.20	0.84	0.84
231	81	84	-0.01	0.14	0.10	-0.11	0.30	3.43	4.36	0.70	0.70
232	81	82	-0.08	0.20	0.15	-0.32	0.44	4.03	4.78	0.92	0.92
233	82	89	-0.00	0.16	0.10	-0.01	0.65	5.64	7.78	0.93	0.93
234	83	91	-0.08	0.19	0.13	-0.27	0.52	4.26	5.28	0.93	0.93
235	83	46	-0.01	0.14	0.09	-0.16	0.28	1.91	3.95	0.89	0.89
236	84	49	0.03	0.12	0.09	0.34	0.36	3.90	5.20	0.69	0.69
237	84	92	-0.03	0.23	0.23	-0.34	0.56	2.50	4.27	0.43	0.43
238	84	93	-0.25	0.20	0.16	-1.59	0.35	2.54	4.27	0.43	0.43
239	85	90	-0.28	0.26	0.23	-1.21	0.20	1.72	3.84	1.01	1.01
240	85	91	-0.14	0.12	0.07	-1.14	0.41	2.88	4.49	0.70	0.70
241	85	91	0.06	0.12	0.07	0.90	0.64	4.61	5.75	0.67	0.67
242	86	91	-0.26	0.22	0.18	-1.49	0.35	2.32	4.27	0.94	0.94
243	86	47	0.09	0.18	0.14	0.61	0.37	2.45	4.34	0.79	0.79
244	86	93	-0.10	0.21	0.18	-0.36	0.26	2.05	4.00	0.86	0.86
245	87	88	0.01	0.13	0.10	0.06	0.47	3.25	4.74	0.62	0.62
246	87	93	-0.04	0.10	0.06	-0.21	0.63	4.45	5.63	0.59	0.59
247	88	93	-0.04	0.14	0.12	-0.33	0.35	2.30	4.25	0.61	0.61
248	88	90	-0.03	0.13	0.09	-0.29	0.52	3.56	4.95	0.63	0.63
249	88	96	-0.04	0.10	0.07	-0.33	0.57	4.00	5.27	0.55	0.55
250	89	92	-0.11	0.19	0.17	-0.68	0.27	2.07	4.01	0.78	0.78

Tabla 7.6

ERRORES MEDIOS CUADRA
RESIDUOS
POTENCIA

N.OBS	PIPE	WPI	ERRORES MEDIOS CUADRA	RESIDUO	PARAMETROS DE FIABILIDAD	PARAMETROS DE FIABILIDAD
				TIPIFICADO	RX	SB
231	89	101	0	0.17	0.22	1.82
232	89	95	0	-0.38	0.62	4.83
233	90	95	0	0.24	0.35	2.30
234	90	96	0	1.43	0.33	2.41
235	92	96	0	-0.13	0.30	2.23
236	92	100	0	-1.01	0.29	2.19
237	92	95	0	-0.04	0.71	3.37
238	92	101	0	-0.13	0.48	2.32
239	93	96	0	-0.14	0.29	2.21
240	103	109	0	-0.14	0.27	2.10
241	93	98	0	1.32	0.31	2.28
242	94	100	0	0.13	0.46	3.48
243	95	101	0	2.09	0.76	3.50
244	96	98	0	0.18	0.74	3.77
245	97	99	0	0.61	0.27	2.04
246	97	106	0	0.02	0.43	2.97
247	97	98	0	-0.27	0.96	4.55
248	98	106	0	0.39	0.30	2.33
249	98	104	0	-0.19	0.29	2.22
250	99	106	0	-0.13	0.30	2.24
251	100	103	0	-0.01	0.30	2.47
252	100	101	0	-0.04	0.73	4.88
253	100	102	0	0.08	0.48	3.30
254	101	103	0	-0.04	0.24	1.91
255	101	103	0	-0.04	0.64	4.58
256	101	107	0	-0.03	0.31	2.28
257	102	103	0	0.08	0.53	3.63
258	102	109	0	-0.08	0.23	1.89
259	102	104	0	-0.02	0.38	4.06
260	103	109	0	-0.02	0.29	2.21
261	103	107	0	0.23	0.33	2.41
262	103	110	0	0.03	0.21	1.79
263	104	106	0	-0.21	0.28	2.16
264	104	109	0	0.13	0.28	1.76
265	104	108	0	-0.10	0.43	3.01
266	105	107	0	-0.13	0.68	4.99
267	106	111	0	-0.00	0.45	3.08
268	106	108	0	-0.07	0.72	5.83
269	107	110	0	0.14	0.37	2.38
270	107	114	0	-0.11	0.36	2.60
271	108	109	0	-0.28	0.31	2.43
272	108	111	0	-0.01	0.29	2.43
273	108	112	0	-0.03	0.14	1.46
274	108	112	0	-0.03	0.13	1.46
275	109	113	0	-0.00	0.10	1.46
276	109	110	0	-0.07	0.41	2.88
277	110	115	0	-0.07	0.66	4.77
278	110	113	0	1.42	2.96	4.54
279	111	117	0	0.10	1.94	3.93
280	111	112	0	0.11	2.33	4.16
281	111	112	0	-0.21	3.76	5.10

Tabla 7.6

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES				E.M.C. DEL RESIDUO		HOJA 7		PARAMETROS DE FIABILIDAD			
N.OBS	NPE	NPV	RESIDUO SIN PONDERAR	DESV.TIPICA A PRIORI		RESIDUO TIPIFICADO	ES	RX	RY	SB	
301	112	116	-0.00	0.18	0.13	-0.00	0.42	2.95	4.53	0.80	
302	113	115	-0.11	0.22	0.19	-0.37	0.29	2.21	4.09	0.90	
303	114	116	0.12	0.18	0.14	0.82	0.40	2.81	4.44	0.81	
304	115	117	0.06	0.23	0.19	0.33	0.30	2.25	4.11	0.95	
305	116	118	-0.04	0.26	0.17	-3.66	0.54	3.74	5.08	1.31	
306	117	119	0.01	0.31	0.27	0.04	0.22	1.84	3.90	1.21	
307	118	120	0.08	0.15	0.11	0.73	0.52	3.56	4.95	0.75	
308	119	121	-0.01	0.17	0.13	-0.08	0.40	2.84	4.46	0.78	
309	120	122	0.02	0.24	0.21	0.09	0.22	1.83	3.90	0.94	
310	121	123	-0.04	0.15	0.11	-0.34	0.50	3.43	4.88	0.73	
311	122	124	0.11	0.20	0.16	0.71	0.38	2.70	4.37	0.88	
312	123	125	-0.03	0.14	0.10	-0.34	0.54	3.75	5.09	0.73	
313	124	126	0.14	0.17	0.13	1.10	0.45	3.14	4.66	0.80	
314	125	127	0.10	0.18	0.11	0.93	0.63	4.44	5.62	1.02	
315	126	128	-0.30	0.16	0.11	-2.82	0.67	5.88	7.97	1.10	
316	127	129	0.07	0.13	0.09	0.77	0.57	3.95	5.27	0.70	
317	128	130	-0.04	0.15	0.12	-0.34	0.55	3.53	4.79	0.64	
318	129	131	0.05	0.12	0.09	0.33	0.48	3.33	4.58	0.53	
319	130	132	-0.01	0.07	0.03	-0.33	0.82	7.33	10.08	0.33	
320	131	133	0.12	0.15	0.11	1.08	0.42	3.26	4.50	0.43	
321	132	134	-0.29	0.21	0.14	-2.05	0.46	3.84	5.18	1.10	
322	133	135	0.02	0.16	0.03	0.42	0.68	9.38	9.99	1.57	
323	134	136	-0.04	0.10	0.02	-0.43	0.68	4.98	6.05	0.60	
324	135	137	0.06	0.13	0.10	0.58	0.45	3.13	4.65	0.61	
325	136	138	-0.13	0.13	0.09	-1.74	0.56	3.84	5.16	0.67	

***** FIABILIDAD TOTAL ***** 0.42

Tabla 7.6

NUMERO DE RESIDUOS NO CLASIFICABLES 0
 NUMERO DE RESIDUOS QUE EXCEDEN EL VALOR CRITICO 0
 NUMERO TOTAL DE RESIDUOS 326

N. CLASE EXTREMOS DE CLASE FR. ABS FR. REL.

1	-3.50	-3.50	3	0.01
2	-3.00	-2.50	3	0.01
3	-2.50	-2.00	6	0.02
4	-2.00	-1.50	12	0.04
5	-1.50	-1.00	26	0.08
6	-1.00	-0.50	43	0.13
7	-0.50	0.0	69	0.21
8	0.0	0.50	67	0.21
9	0.50	1.00	50	0.15
10	1.00	1.50	28	0.09
11	1.50	2.00	14	0.04
12	2.00	2.50	4	0.01
13	2.50	3.00	0	0.0
14	3.00	3.50	1	0.00

MEDIA = -0.0339196 VARIANZA = 0.9987619

(VPV) = 325.971

x2 = 26.4262

Tabla 7.7

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

RESULTADOS DE LA COMPENSACION							HOJA	1	DESESTIMICA	
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	DMD.GEODE				
SOBRAL	1	37.08	-8.24	-17.01	-6.94	-39.53			0.23	
MONFURADO	2	38.24	-8.12	-6.60	-8.31	-33.69			0.17	
PADRELA	3	41.34	-7.31	0.06	-4.68	-23.85			0.22	
LEDIMIL	4	40.37	-7.39	-3.21	0.37	-23.44			0.15	
MONTARGIL	5	39.05	-8.11	-2.01	-6.19	-32.64				
MELRICA	6	39.42	-8.08	0.0	0.0	-30.11				
MU	7	37.22	-8.05	-9.09	-4.36	-37.08			0.22	
ALJUSTREL	8	37.23	-8.10	-3.78	-6.61	-35.67			0.20	
LISBOA	9	38.43	-9.08	-9.66	-0.92	-36.13			0.14	
CABECA	10	37.11	-7.29	-16.92	-1.60	-37.50			0.14	
PENEDA	11	41.58	-8.19	-3.78	-13.90	-24.92			0.26	
SANPAIO	12	41.32	-9.43	-0.45	-1.40	-37.52			0.22	
COROA	13	41.33	-7.00	-6.54	-0.99	-37.55			0.24	
LANDUCO	14	41.33	-7.43	-7.73	0.89	-32.84				
DELLAD	15	41.21	-8.35	-8.73	-2.84	-31.18			0.27	
PEGAJINKA	16	41.44	-8.27	-8.38	-7.71	-24.94			0.24	
NOBUEIRO	17	41.45	-8.50	-8.46	-8.78	-24.29			0.25	
NOGUEIRA	18	41.43	-6.51	-10.97	-1.09	-37.17			0.24	
LAGEDO	19	41.43	-7.10	-11.12	-3.36	-37.84			0.26	
LUZ	20	41.40	-6.18	-7.68	0.11	-33.95			0.23	
CAREIRA	21	41.38	-8.03	-6.76	-9.49	-23.97			0.22	
SAREIRO	22	41.32	-8.22	-6.14	-11.04	-22.54			0.26	
CAMPO DE VIBORAS	23	41.32	-6.34	-6.81	-8.74	-22.54			0.23	
SAN FELIX	24	41.26	-8.43	-5.66	-8.37	-26.92			0.25	
BORNES	25	41.26	-7.01	-8.47	-12.25	-23.98			0.25	
SRA DA ASSUNCAO	26	41.23	-6.36	-2.73	-0.19	-23.09			0.20	
CITANIA	27	41.19	-6.23	-2.73	-7.27	-25.97			0.20	
MARAO	28	41.15	-7.53	-4.49	-2.95	-24.73			0.21	
FONTE LONGA	29	41.14	-7.16	-5.42	-3.45	-24.30			0.24	
LAGDACA	30	41.13	-6.46	-4.64	-4.92	-23.71			0.19	
S.DOMINGUS	31	41.12	-7.36	-4.90	-1.20	-24.66			0.20	
LUZIN	32	41.10	-8.16	-5.65	-10.30	-25.85			0.19	
SANTO OVIDIO	33	41.06	-8.35	-3.93	-1.89	-27.15			0.19	
SIRIGO	34	40.58	-7.23	-3.58	-2.40	-25.14			0.16	
TOMADIA	35	40.56	-7.34	-10.34	-3.10	-25.81			0.20	
FURADOURO	36	40.32	-6.40	-5.36	-6.12	-28.05			0.22	
MARFOA	37	40.32	-6.59	-5.29	-2.74	-24.96			0.16	
COSTA DA CASTANEIRA	38	40.31	-8.17	-8.78	-8.05	-26.90			0.17	
CABRIA	39	40.30	-7.97	-8.73	-1.00	-24.94			0.17	
ARCO	40	40.24	-7.50	-7.83	-0.99	-25.72			0.19	
PIISCO	41	40.29	-8.45	-6.89	-8.79	-28.13			0.17	
NETIRO CASTELO	42	40.27	-7.45	-5.53	-6.43	-24.77			0.17	
SRA DO FORMOSO	43	40.26	-6.51	-3.31	-2.73	-25.17			0.16	
JARMELO	44	40.36	-7.08	-1.05	-2.00	-23.60			0.17	
CABECA DA NEVE	45	40.33	-8.11	-9.55	-3.50	-27.97			0.18	
PRIL DE MIRA	46	40.32	-7.26	-1.15	-3.20	-26.17			0.19	
GUINALDO	47	40.27	-6.48	-7.84	-8.19	-25.45			0.15	
SAN MIGUEL DE MIDDES	48	40.27	-6.53	-5.12	-4.78	-27.03				
	49	40.23	-7.56	-0.82	-7.98					
	50									

Tabla 7.8

RESULTADOS DE LA COMPENSACION • HOJA 2

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND.GEODE	DES.TIPICA
BUCACO	51	40.22	-8.21	-6.28	-6.11	-28.99	0.15
ESTRELA	52	40.19	-7.37	-9.09	-5.12	-27.13	0.16
SAN PEDRU DE ACOR	53	40.19	-7.08	-5.71	-7.73	-26.20	0.16
GUARCOS	54	40.13	-7.49	-1.20	-2.10	-27.74	0.17
CRUZ DE MORQUICOS	55	40.12	-8.31	-6.00	-10.30	-31.33	0.15
BRIGADEIRA	56	40.11	-8.27	-1.91	-10.08	-29.79	0.17
LOUSA	57	40.08	-7.10	-9.00	-5.32	-27.16	0.17
LOUSA	58	40.05	-8.11	0.43	-11.18	-28.68	0.13
TABERNA SECA	59	40.03	-7.28	-10.72	1.75	-27.96	0.16
AGUDA	60	39.55	-8.20	-8.56	-5.84	-29.83	0.12
MONTE REDUNDO	61	39.54	-8.31	-3.67	-11.54	-22.19	0.15
CABECO RAINHA	62	39.51	-7.57	-8.28	-4.24	-29.01	0.11
SAN MARTINHO	63	39.48	-7.28	-5.20	0.10	-28.85	0.16
CABECO ALTO	64	39.44	-7.02	-3.24	-1.17	-28.58	0.16
PATAIAS	65	39.41	-9.00	1.15	-14.04	-32.21	0.13
MAUNCA	66	39.40	-8.46	-0.55	-1.06	-32.67	0.13
CASAIS DA PENA	67	39.35	-8.32	-7.55	-2.16	-30.57	0.12
BOTO	68	39.34	-8.21	-4.31	-7.15	-28.55	0.15
MEDROA	69	39.31	-8.18	-9.69	-1.70	-31.58	0.11
BODRO	70	39.27	-9.12	-1.59	-8.10	-33.07	0.16
CANDEIROS	71	39.26	-8.58	-8.52	-7.19	-33.07	0.15
CONTEDES	72	39.23	-8.08	-8.40	-5.01	-30.47	0.15
VALE DE AGUA	73	39.23	-8.01	-8.05	-5.98	-31.36	0.12
PENTICHE	74	39.23	-8.25	1.83	-8.37	-34.85	0.16
FIGUEIRAS	75	39.20	-8.55	-7.41	-5.50	-32.48	0.13
CABECANDEIRA	76	39.20	-8.55	-8.10	-2.86	-33.05	0.14
SAN MANDE	77	39.19	-7.22	-5.83	-7.20	-29.86	0.16
MONTE PEDROSD	78	39.11	-7.37	-1.40	-3.57	-30.85	0.15
MONTE JUNTO	79	39.10	-9.03	-8.57	-3.23	-34.25	0.15
ALMEIRIN	80	39.09	-8.35	-6.28	-4.49	-31.48	0.16
CAPELA	81	39.04	-7.28	-7.52	-2.98	-30.80	0.16
ATALAIA DA CONTENDA	82	39.02	-7.06	-6.21	-4.14	-30.25	0.19
ARBOREIRA	83	39.01	-9.18	-4.71	-2.74	-35.09	0.18
CAIXEIRO	84	38.55	-7.59	-2.50	-5.22	-31.54	0.16
AQUA	85	38.54	-8.01	-3.86	-4.31	-32.55	0.16
SERVES	86	38.54	-9.03	-10.67	-2.50	-35.26	0.17
CASCALHO	87	38.53	-8.45	-4.42	-7.15	-34.76	0.16
S.TORCATO	88	38.50	-8.31	-3.31	-8.50	-34.10	0.16
REGO	89	38.50	-7.15	-5.03	-2.66	-31.07	0.17
GODEAL	90	38.49	-8.17	-2.32	-5.82	-33.59	0.15
MONGE	91	38.46	-9.27	-10.06	-1.16	-36.50	0.20
DSSA	92	38.44	-7.55	-4.76	-2.28	-31.78	0.16
MILHANDS	93	38.44	-8.45	-2.46	-8.73	-35.11	0.16
ARRAIOLDS	94	38.44	-7.59	-0.10	-5.16	-32.72	0.16
ALANDRAL	95	38.42	-7.44	-5.90	-2.34	-31.58	0.17
BOMBEL	96	38.41	-8.32	-2.84	-6.81	-34.44	0.16
PALMELA	97	38.34	-8.54	-5.19	-7.99	-36.14	0.19
SERRINHA	98	38.34	-8.51	-5.16	-6.26	-37.87	0.17
SESIHRA	99	38.27	-7.06	-10.61	-7.35	-37.50	0.22
ESPINHEIRA	100	38.27	-7.48	-4.54	-6.40	-32.83	0.16

Tabla 7.8

*** DETERMINACION DEL GEODE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N							HOJA	3
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	QND.GEODE	DESV.TIPICA	
MONSARAZ	101	38.27	-7.23	-3.85	-0.88	-32.13	0.18	
S. VICENTE	102	38.19	-8.00	-3.08	-7.30	-33.76	0.18	
MENROD	103	38.15	-7.47	-6.21	-7.10	-33.35	0.18	
CARRASCALS	104	38.15	-8.14	-6.32	-10.15	-34.72	0.18	
MENTIRAS	105	38.14	-7.09	-3.20	-4.82	-32.12	0.23	
ATALAJA (GRANDOLA)	106	38.10	-8.39	-4.33	-7.95	-36.34	0.19	
ATALAJA GORDA	107	38.06	-7.27	-5.12	-7.00	-33.04	0.20	
BARROS	108	38.03	-8.26	-6.28	-5.77	-35.97	0.19	
BEJA	109	38.01	-7.52	-6.04	-6.30	-34.34	0.19	
GUADALUPE	110	37.56	-7.36	-5.28	-4.43	-33.94	0.20	
PANEIRO	111	37.54	-8.41	-7.21	-8.78	-37.29	0.21	
BARRADINHA	112	37.52	-8.26	-5.87	-6.95	-36.55	0.20	
MORTINHO	113	37.49	-7.51	-5.65	-4.67	-36.94	0.20	
AGUA NEGRA	114	37.48	-7.27	-8.99	-4.92	-34.08	0.21	
URZA	115	37.37	-8.04	-4.34	-5.56	-36.07	0.21	
VIGIA	116	37.37	-8.23	-3.35	-6.62	-37.02	0.23	
S. TEOTONIO	117	37.50	-8.43	-5.81	-5.21	-38.62	0.22	
QUINTA	118	37.29	-7.51	-7.18	-3.11	-36.16	0.26	
ROMEIRA	119	37.26	-7.32	-11.52	-0.38	-35.58	0.23	
JOIO	120	37.24	-8.23	-8.82	-6.42	-37.70	0.23	
FOIA	121	37.19	-8.56	-9.30	-7.58	-38.83	0.23	
ARRIFANA	122	37.17	-8.52	-10.09	-11.79	-40.03	0.24	
ALCARRIA DO CUME	123	37.14	-7.45	-13.44	-13.44	-37.08	0.24	
POLDRA	124	37.13	-8.47	-6.95	-11.07	-40.00	0.24	
PICOTA	125	37.09	-8.07	-19.78	-4.18	-38.84	0.24	
ATALAJA	126	37.05	-8.43	-16.16	-6.59	-40.74	0.24	
ASPA	127	37.05	-8.57	-10.37	-10.55	-41.45	0.25	
JOTIAL	128	37.02	-7.53	-10.86	-3.46	-38.72	0.28	

Tabla 7.8

RESULTADOS DE LA COMPENSACION * HOJA 1

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OMO.GEOTIDE	DESV.TIPICA
SORRAL	1	37.08	-8.24	-17.01	-6.94	0.0	1.10
MONFURADO	2	36.34	-8.12	-6.60	-8.31	0.0	0.76
PADELA	3	41.34	-7.31	0.06	-8.68	0.0	0.15
LEOMIL	4	40.37	-7.39	-3.21	0.37	0.0	0.15
MONTARGIL	5	39.01	-8.11	-2.01	-8.19	0.0	0.15
MELRICA	6	39.52	-8.38	-7.39	-8.11	0.0	0.15
MU	7	37.22	-8.05	-9.09	-8.26	0.0	0.15
ALJUSTREL	8	37.23	-8.10	-8.76	-8.61	0.0	0.15
LISBOA	9	38.43	-9.08	-9.66	-9.82	0.0	0.15
CABECA	10	37.11	-7.22	-16.22	-11.80	0.0	0.15
PENEDA	11	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SANJATO	12	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
CUNDA	13	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAROUCC	14	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
DELLAD	15	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
PARUEIRA	16	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
MOQUEIRA	17	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGO	18	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LUZ	19	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
CABREIRA	20	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SAMEIRO	21	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
CAMPO DE VIBORAS	22	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SAN FELIX	23	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
BURNES	24	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SRA DA ASSUNCAO	25	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
CITANIA	26	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
MARAO	27	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
FORTE LONCA	28	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOACA	29	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
S. DOMINGOS	30	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LUZIN	31	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SANTO OVIDIO	32	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
SINTON	33	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
TERADIA	34	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
FURADOUR	35	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
ARUPA	36	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
COSTA DA CASTANEIRA	37	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	38	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	39	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	40	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	41	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	42	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	43	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	44	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	45	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	46	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	47	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	48	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	49	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15
LAGOIA	50	41.25	-8.43	-3.71	-11.80	0.0	0.15

Tabla 7.8

*** DETERMINACION DEL SEJIDE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

RESULTADOS DE LA COMPENSACION • HOJA 2						
NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND.GEJIDE
RUCACO	51	40.22	-6.21	-6.28	-6.11	0.0
ESTRELA	52	40.19	-7.37	-9.09	-5.12	0.0
ALAGUAS	53	40.19	-7.08	-5.71	-7.73	0.0
SAN PEDRO DE ACOR	54	40.13	-7.69	-1.20	-5.10	0.0
GUARCOS	55	40.12	-6.51	-6.00	-10.30	0.0
CRUZ DE MURDUCUS	56	40.11	-6.22	-1.91	-10.08	0.0
BRIGADEIRA	57	40.08	-7.40	-9.00	-5.32	0.0
LOUSA	58	40.03	-6.11	0.43	-11.18	0.0
TAHERNA SECA	59	40.03	-7.28	-10.72	-1.75	0.0
AGUDA	60	39.35	-6.20	-8.56	-5.74	0.0
MUNTE REDUNDO	61	39.34	-6.21	-3.67	-11.34	0.0
CABECO RAINHA	62	39.21	-7.21	-8.28	0.0	0.0
SAN MARTINHO	63	39.46	-7.21	-3.24	-1.17	0.0
CABECO ALTO	64	39.41	-7.02	-3.24	-1.17	0.0
PAIATAS	65	39.41	-9.00	1.15	-14.04	0.0
PAIATAS	66	39.40	-6.46	-0.55	-14.04	0.0
CASITA DA PENA	67	39.31	-6.32	-7.55	-3.18	0.0
BOITO	68	39.34	-7.31	-4.51	-6.73	0.0
VEDROA	69	39.31	-6.18	-9.65	-7.70	0.0
BOURO	70	39.27	-6.12	-1.29	-8.70	0.0
CANDEIROS	71	39.26	-6.35	-6.32	-7.69	0.0
CORTESÕES	72	39.22	-7.38	-4.60	-7.01	0.0
VALE DE ÁGUA	73	39.22	-6.01	-8.05	-5.99	0.0
PENICHE	74	39.22	-9.25	1.83	-6.32	0.0
FIGUEIRAS	75	39.20	-6.25	-7.41	-5.50	0.0
CABECA GORDA	76	39.20	-6.45	-8.10	-5.86	0.0
SAN MANEDE	77	39.19	-7.22	-5.83	-7.20	0.0
ALTER PEDRUSO	78	39.11	-7.37	-1.40	-5.37	0.0
PONTE JUNTO	79	39.10	-5.33	-6.57	-5.23	0.0
ALMEIRIN	80	39.09	-6.35	-6.28	-5.49	0.0
CAPELA	81	39.04	-7.28	-7.52	-5.38	0.0
ATALAIA DA CONTENDA	82	39.02	-7.06	-6.21	-5.14	0.0
ABUDREIRA	83	39.01	-5.18	-4.71	-5.74	0.0
CAIXEIRO	84	38.55	-7.39	-2.50	-5.22	0.0
ADUA	85	38.54	-6.01	-5.86	-5.31	0.0
SERVES	86	38.54	-6.03	-10.67	-2.50	0.0
CASCALHO	87	38.53	-6.43	-4.42	-4.13	0.0
S.TORCATO	88	38.50	-6.71	-2.03	-5.50	0.0
REGO	89	38.49	-6.11	-2.03	-5.50	0.0
GRODAL	90	38.49	-6.17	-2.22	-5.82	0.0
PERE	91	38.44	-9.27	-10.06	-7.18	0.0
UTIMANOS	92	38.44	-7.35	-2.76	-5.34	0.0
UTIMANOS	93	38.44	-6.51	-2.46	-9.73	0.0
APRILLOS	94	38.42	-7.59	-0.10	-6.18	0.0
ALANDROL	95	38.42	-7.24	-5.90	-2.34	0.0
BOMBEL	96	38.41	-8.32	-2.84	-6.81	0.0
PALMELA	97	38.39	-8.34	-5.19	-7.99	0.0
SERRINHA	98	38.30	-8.31	-3.18	-6.24	0.0
SERINHA	99	38.27	-9.06	-10.61	-7.35	0.0
ESPINHEIRA	100	38.27	-7.48	-4.54	-6.40	0.0

Tabla 7.8

RESULTADOS DE LA COMPENSACION							HOJA 3
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND.GEODE	DES.V.TIPICA
MONSARAZ	101	38.27	-7.23	-3.83	-0.88	0.0	0.06
S.VICENTE	102	38.19	-8.00	-3.08	-7.30	0.3	0.10
MENORQ	103	38.15	-7.47	-6.21	-7.10	0.0	0.13
CARRASCAIS	104	38.15	-8.14	-6.32	-10.15	0.0	0.10
MENIRAS	105	38.14	-7.09	-3.20	-9.82	0.0	0.15
ATALAJA (GRANDOLA)	106	38.10	-8.39	-4.21	-7.95	0.3	0.11
ATALAJA RUDA	107	38.06	-7.27	-5.12	-7.00	0.0	0.11
BARROS	108	38.03	-8.26	-6.28	-5.77	0.0	0.10
BEJA	109	38.01	-7.52	-6.04	-6.30	0.0	0.09
GUADALUPE	110	37.56	-7.36	-5.28	-8.43	0.0	0.09
PANEIRO	111	37.54	-8.41	-7.21	-8.78	0.3	0.08
BARROINHA	112	37.52	-8.28	-5.87	-8.95	0.3	0.10
MONTINHO	113	37.49	-7.21	-5.69	-4.87	0.0	0.08
AGUA NEGRA	114	37.48	-7.67	-6.34	-5.52	0.0	0.10
URZA	115	37.37	-8.06	-5.23	-8.62	0.0	0.11
VIGIA	116	37.30	-8.23	-3.81	-9.21	0.0	0.12
S.TEGOMIL	117	37.29	-7.51	-7.18	-5.11	0.0	0.10
QUINTA	118	37.26	-7.32	-11.32	-0.38	0.0	0.12
ROMEIRA	119	37.24	-8.23	-8.62	-6.42	0.0	0.11
JOIO	120	37.24	-8.23	-9.30	-7.58	0.0	0.10
FOIA	121	37.19	-8.36	-6.20	-11.79	0.0	0.10
ARRIFANA	122	37.17	-8.52	-10.09	-13.44	0.0	0.10
ALCARRIA DO CUME	123	37.14	-7.45	-11.07	-6.95	0.0	0.10
POLDRA	124	37.13	-8.47	-11.07	-6.95	0.0	0.10
PICOTA	125	37.09	-8.07	-19.78	-4.18	0.0	0.06
ATALAJA	126	37.05	-8.43	-16.16	-6.59	0.0	0.11
ASPA	127	37.05	-8.57	-10.37	-10.35	0.0	0.08
JOINAL	128	37.02	-7.53	-10.86	-5.46	0.0	0.12

Tabla 7.8

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N										H O J A 1		DESVI. TIPICA
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI.	ETA	OND.	SEJIDE					
SOBRAL	1	37.08	-5.24	-17.01	-6.94		0.0				3.09	
MONFURADO	2	38.34	-8.12	-6.60	-8.51		0.0				3.02	
PADRELA	3	41.34	-7.31	0.06	-4.68		0.0				3.11	
LEDIL	4	40.37	-7.39	-3.21	0.37		0.0				3.13	
MONTARIL	5	39.05	-6.11	-2.01	-6.19		0.0				3.09	
VELRICA	6	39.42	-8.08	-7.39	-6.53		-30.11				3.04	
WU	7	37.22	-8.35	-9.09	-4.36		0.0				3.09	
ALJUSTREL	8	37.23	-8.10	-3.78	-6.61		0.0				3.10	
LISBOA	9	38.43	-9.08	-9.66	-0.92		0.0				3.03	
CABECA	10	37.11	-7.29	-16.92	-1.60		0.0				3.13	
PENEDA	11	41.38	-8.19	-3.78	-13.90		0.0				3.12	
SANPAIO	12	41.55	-8.43	-0.43	-7.40		0.0				3.04	
CURDA	13	41.55	-7.00	-6.64	-7.89		0.0				3.04	
LAROUCO	14	41.55	-7.43	-7.21	0.34		0.0				3.09	
DEILAO	15	41.51	-6.35	-8.13	-7.91		0.0				3.11	
PEGAOINHA	16	41.46	-8.27	-6.38	-4.76		0.0				3.11	
PORQUEIRO	17	41.45	-8.30	-8.49	-4.74		0.0				3.12	
NOQUETRA	18	41.43	-6.31	-10.17	-4.99		0.0				3.12	
LAGEDO	19	41.43	-7.10	-11.12	0.16		0.0				3.14	
LUZ	20	41.40	-6.18	-7.84	-9.41		0.0				3.12	
CABREIRA	21	41.38	-8.03	-6.14	-9.41		0.0				3.11	
SAMEIRO	22	41.32	-8.32	-6.14	-11.04		0.0				3.13	
CAMPO DE VIBORAS	23	41.22	-8.34	-6.81	-8.37		0.0				3.13	
SAN FELIX	24	41.26	-8.43	-5.66	-2.74		0.0				3.11	
BORNEZ	25	41.26	-7.01	-8.47	-16.25		0.0				3.13	
SRA DA ASSUNCAO	26	41.26	-8.26	-5.38	-0.19		0.0				3.13	
CITANIA	27	41.19	-7.55	-4.49	-2.95		0.0				3.13	
MARAO	28	41.19	-7.55	-4.49	-2.95		0.0				3.13	
FONTE LONGA	29	41.14	-7.16	-5.42	-3.45		0.0				3.13	
LAGOACA	30	41.13	-6.46	-6.64	-4.92		0.0				3.04	
S. DOMINGOS	31	41.12	-7.36	-4.90	-1.20		0.0				3.04	
LUZIN	32	41.10	-8.16	-5.65	-10.30		0.0				3.13	
SANTO OVIDIO	33	41.06	-8.35	-3.93	-7.89		0.0				3.04	
SIRIGO	34	40.98	-7.23	-3.38	-2.40		0.0				3.11	
TONAOIA	35	40.96	-7.34	-10.34	-5.10		0.0				3.09	
FURADQUIN	36	40.52	-8.40	-3.36	-6.12		0.0				3.12	
MARDOA	37	40.52	-8.17	-3.29	-2.74		0.0				3.13	
COSTA DA CASTANEIRA	38	40.51	-8.17	-5.38	-5.05		0.0				3.13	
CABRIA	39	40.50	-8.07	-8.19	-5.00		0.0				3.09	
ARCO	40	40.49	-7.50	-8.83	-0.99		0.0				3.13	
AVEIRO	41	40.48	-7.25	-6.83	-0.99		0.0				3.12	
CASTELO	42	40.37	-7.43	-6.49	-8.70		0.0				3.12	
S. JOE DOMINGO	43	40.36	-6.53	-3.11	-2.72		0.0				3.12	
VILAR FORMOSO	44	40.36	-7.01	-3.01	-2.06		0.0				3.10	
JARNELO	45	40.33	-8.11	-5.55	-5.20		0.0				3.10	
CABEZA DA NEVE	46	40.33	-6.11	-9.55	-5.20		0.0				3.10	
CABECA ALTA	47	40.32	-7.26	1.13	-3.20		0.0				3.12	
PRATA DE VIRA	48	40.27	-8.98	-7.44	-4.19		0.0				3.12	
GUINALDO	49	40.27	-6.53	-5.12	-4.74		0.0				3.11	
SAN MIGUEL DE MIDOES	50	40.23	-7.56	-0.82	-7.98		0.0				3.09	

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N							HOJA	2
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OMG.GEODE	DES.V.TIPICA	
BUCACO	51	40.22	-8.21	-6.28	-6.11	0.3	0.10	0.10
ESTRELA	52	40.19	-7.37	-9.08	-5.12	0.3	0.38	0.38
ALAGUAS	53	40.19	-7.08	-5.71	-7.73	0.3	0.04	0.04
SAN PEDRO DE ACDR	54	40.13	-7.49	-1.20	-5.10	0.3	0.03	0.03
GUARCOS	55	40.12	-8.51	-6.00	-10.30	0.3	0.03	0.03
CRUZ DE MOROUÇOS	56	40.11	-8.27	-1.91	-10.08	0.3	0.10	0.10
BRIGADEIRA	57	40.08	-7.10	-9.00	-5.32	0.3	0.10	0.10
LOUSA	58	40.05	-8.11	0.43	-11.18	0.3	0.39	0.39
TABERNA SECA	59	40.03	-7.28	-10.72	-1.75	0.3	0.38	0.38
AGUADA	60	39.55	-8.20	-8.56	-7.84	0.3	0.11	0.11
MONTÉ REDONDO	61	39.54	-8.51	-3.67	-12.34	0.3	0.11	0.11
CABECO RATINHO	62	39.51	-7.57	-8.28	-0.24	0.3	0.12	0.12
SAN MARTINHO	63	39.48	-7.28	-3.24	-1.19	0.3	0.11	0.11
CABECO ALTO	64	39.44	-7.02	-3.24	-1.17	0.3	0.11	0.11
PATAJAS	65	39.41	-8.00	-0.44	-14.04	0.3	0.11	0.11
MAUNCA	66	39.41	-8.00	-0.44	-14.04	0.3	0.11	0.11
CASALS DA PENA	67	39.39	-7.32	-7.53	-3.18	0.3	0.10	0.10
BOITO	68	39.34	-7.31	-4.11	-7.70	0.3	0.10	0.10
REDROA	69	39.31	-8.18	-9.43	-6.70	0.3	0.10	0.10
BOURDELOS	70	39.27	-9.13	-1.59	-8.70	0.3	0.10	0.10
CANDEIROS	71	39.26	-8.51	-8.32	-7.69	0.3	0.10	0.10
VITEIRO	72	39.22	-7.38	-4.60	-7.01	0.3	0.10	0.10
VERGUEIRA	73	39.22	-8.01	-1.53	-5.99	0.3	0.10	0.10
PEREIRA	74	39.22	-9.23	-1.83	-8.32	0.3	0.10	0.10
FIGUEIRAS	75	39.20	-8.45	-7.41	-5.50	0.3	0.10	0.10
CABECA GORDA	76	39.20	-8.45	-8.10	-2.66	0.3	0.10	0.10
SAN MANEDE	77	39.19	-7.22	-5.83	-7.20	0.3	0.10	0.10
ALTER PEDROSO	78	39.11	-7.37	-1.40	-3.57	0.3	0.10	0.10
MONTÉ JUNTO	79	39.10	-8.03	-8.37	-3.23	0.3	0.10	0.10
ALMEIRIN	80	39.09	-8.35	-6.28	-4.49	0.3	0.10	0.10
CAPELA	81	39.04	-7.28	-7.52	-3.58	0.3	0.10	0.10
ATALAIA DA CONTENDA	82	39.02	-7.06	-6.21	-4.14	0.3	0.10	0.10
ABOBBREIRA	83	39.01	-9.18	-4.71	-3.74	0.3	0.10	0.10
CAIXEIRO	84	38.55	-7.39	-2.50	-3.22	0.3	0.10	0.10
ADUA	85	38.54	-8.01	-5.86	-4.31	0.3	0.10	0.10
SERVES	86	38.54	-9.05	-10.67	-2.50	0.3	0.10	0.10
CASCALHO	87	38.53	-8.45	-4.42	-6.15	0.3	0.10	0.10
S.TORCATO	88	38.50	-8.31	-3.51	-2.30	0.3	0.10	0.10
REGO	89	38.49	-7.15	-3.52	-5.84	0.3	0.10	0.10
GODEAL	90	38.46	-8.37	-10.66	-7.18	0.3	0.10	0.10
MONTE	91	38.44	-7.35	-4.76	-5.28	0.3	0.10	0.10
QSSA	92	38.44	-8.43	-2.46	-9.73	0.3	0.10	0.10
MILHANDS	93	38.44	-7.39	-0.10	-6.18	0.3	0.10	0.10
ALMORAL	94	38.42	-7.24	-3.90	-2.34	0.3	0.10	0.10
BOMBEL	95	38.41	-8.32	-2.84	-6.81	0.3	0.10	0.10
PALMELA	96	38.34	-8.34	-5.19	-7.99	0.3	0.10	0.10
SERRINHA	97	38.30	-8.31	-3.18	-6.26	0.3	0.10	0.10
SESTIMBRA	98	38.27	-9.06	-10.61	-7.35	0.3	0.10	0.10
ESPINHEIRA	99	38.27	-7.48	-4.54	-6.40	0.3	0.10	0.10
	100	38.27	-7.48	-4.54	-6.40	0.3	0.10	0.10

Tabla 7.9

*** DETERMINACION DEL NEJISE EN PORTUGAL POR MINIMOS CUADRADOS ***

RESULTADOS DE LA COMPENSACION						
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD.	PSI	HOJA	ETA
MONSARAZ	101	38.27	-7.23	-3.85	-0.58	0.0
S.VICENTE	102	38.19	-8.00	-3.08	-7.30	0.0
MENDRO	103	38.15	-7.47	-6.21	-7.10	0.0
CARRASCAIS	104	38.15	-8.14	-6.22	-10.15	0.0
MENTIRAS	105	38.14	-7.09	-3.20	-4.82	0.0
ATALAIA (GRANDOLA)	106	38.10	-8.39	-4.33	-7.35	0.0
ATALAIA GURDA	107	38.06	-7.27	-5.12	-7.30	0.0
BARROS	108	38.03	-8.26	-6.28	-5.77	0.0
BEJA	109	38.01	-7.32	-6.04	-6.30	0.0
GUADALUPE	110	37.56	-7.36	-7.28	-4.53	0.0
PANETRO	111	37.53	-8.21	-5.21	-4.78	0.0
BARRADINHA	112	37.52	-8.26	-4.78	-4.78	0.0
MONTINHO	113	37.49	-7.51	-5.54	-4.67	0.0
URSA NEGRA	114	37.48	-7.27	-6.99	-4.92	0.0
VIGIA	115	37.37	-8.04	-4.34	-5.56	0.0
S.TEDONIO	116	37.30	-8.43	-3.81	-8.62	0.0
QUINTA	117	37.29	-7.51	-7.18	-9.21	0.0
ROMEIRA	118	37.26	-7.32	-11.52	-0.38	0.0
JOIO	120	37.24	-8.23	-8.42	-6.42	0.0
FOIA	121	37.19	-8.36	-9.30	-7.58	0.0
ARRIFANA	122	37.17	-8.52	-6.20	-11.79	0.0
ALCARRIA DO CUME	123	37.14	-7.45	-10.09	-13.44	0.0
PILCORA	124	37.13	-8.47	-11.07	-6.95	0.0
PICOTA	125	37.09	-8.07	-19.78	-4.18	0.0
ATALAIA	126	37.05	-8.45	-16.16	-6.59	0.0
ASPA	127	37.05	-8.57	-10.37	-10.55	0.0
JOINAL	128	37.02	-7.53	-10.86	-3.46	0.0

Tabla 7. 9

RESULTADOS DE LA COMPENSACIÓN • HOJA 1

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND.GEÓIDE	DESV.TÍPICA
SOBRAL	1	37.08	-8.24	-17.01	-6.94	0.0	0.03
MONFURADO	2	38.34	-8.12	-6.60	-8.31	0.0	0.02
PADELA	3	41.34	-7.31	0.06	-4.68	0.0	0.03
LEOMIL	4	40.57	-7.39	-3.21	0.37	0.0	0.03
MONTARGIL	5	39.05	-8.11	-2.01	-6.19	0.0	0.02
MELRICA	6	39.42	-8.08	-7.38	-6.83	-30.11	0.03
U	7	37.22	-8.05	-9.09	-4.36	0.0	0.03
ALJUSTREL	8	37.53	-8.10	-3.78	-6.61	0.0	0.03
LISBOA	9	38.43	-9.08	-9.66	-0.92	0.0	0.03
CABECA	10	37.11	-7.29	-16.32	-1.60	0.0	0.03
PENEDA	11	41.38	-8.13	-3.13	-1.70	0.0	0.04
SANPAIO	12	41.31	-8.43	-0.41	-7.40	0.0	0.04
COROA	13	41.33	-7.00	-9.51	-7.59	0.0	0.03
LAROUÇO	14	41.31	-7.31	-7.23	-2.91	0.0	0.03
DETLAQ	15	41.51	-6.27	-6.13	-7.91	0.0	0.04
PEGADINHA	16	41.41	-6.27	-6.13	-7.91	0.0	0.03
PORQUEIRO	17	41.45	-8.50	-8.66	-8.74	0.0	0.04
FIGUEIRA	18	41.43	-6.51	-10.97	-1.09	0.0	0.04
LAGEDO	19	41.43	-7.10	-11.12	-5.36	0.0	0.03
LUZ	20	41.40	-6.18	-7.68	0.11	0.0	0.04
LABREIRA	21	41.38	-8.03	-6.76	-9.49	0.0	0.03
SABEIRO	22	41.32	-8.22	-6.14	-11.04	0.0	0.03
CAMPO DE VIOGRAS	23	41.32	-6.34	-6.81	-2.74	0.0	0.04
SAN FELIX	24	41.26	-8.43	-3.66	-8.37	0.0	0.03
BORNES	25	41.26	-7.01	-8.87	-12.25	0.0	0.03
SRA DA ASSUNCAO	26	41.23	-6.36	-5.38	-0.19	0.0	0.04
CITANIA	27	41.19	-8.23	-2.73	-7.27	0.0	0.03
MARAO	28	41.15	-7.53	-4.49	-2.93	0.0	0.03
FORTE LOUGA	29	41.14	-7.16	-5.42	-2.43	0.0	0.03
LAGOACA	30	41.13	-6.46	-6.64	-4.92	0.0	0.03
S. DOMINGOS	31	41.12	-7.36	-6.90	-1.20	0.0	0.03
LUZIN	32	41.10	-8.16	-5.63	-10.30	0.0	0.03
SANTO OVIDIO	33	41.06	-8.35	-3.93	-7.89	0.0	0.03
SIRIGO	34	40.58	-7.23	-3.58	-2.40	0.0	0.03
TOMADIA	35	40.56	-7.54	-10.34	-5.10	0.0	0.03
FURADOURO	36	40.52	-8.40	-5.36	-6.12	0.0	0.03
MARDOFA	37	40.52	-6.59	-3.29	-6.74	0.0	0.03
COSTA DA CASTANEIRA	38	40.51	-8.17	-6.58	-2.03	0.0	0.03
CABRIA	39	40.49	-8.07	-8.13	-5.49	0.0	0.03
ARCO	40	40.46	-7.20	-9.84	-0.78	0.0	0.03
PISCO	41	40.39	-6.43	-6.49	-8.70	0.0	0.03
AVEIRO	42	40.37	-7.43	-5.53	-6.62	0.0	0.03
SRA DO CASTELO	43	40.36	-6.51	-3.31	-2.72	0.0	0.03
VILAR FORMOSO	44	40.36	-7.08	-1.03	-2.00	0.0	0.03
ALVARO DA NEVE	45	40.33	-8.11	-9.55	-5.50	0.0	0.02
CABEÇO DA NEVE	46	40.32	-7.26	-1.13	-5.20	0.0	0.03
CABEÇO ALTA	47	40.32	-7.26	-1.13	-5.20	0.0	0.03
PRATA DE MIRA	48	40.27	-8.43	-7.44	-8.19	0.0	0.03
GUINALDO	49	40.27	-6.53	-5.12	-4.78	0.0	0.03
SAN MIGUEL DE MIDOES	50	40.23	-7.56	-0.82	-7.98	0.0	0.02

Tabla 7.10

RESULTADOS DE LA COMPENSACION * HOJA 2

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OMO.GEIDE	DESV.TIPICA
BUCACO	51	40.22	-8.21	-6.28	-6.11	0.0	0.02
ESTRELA	52	40.19	-7.37	-9.09	-5.12	0.0	0.02
ALAGOAS	53	40.19	-7.08	-5.71	-7.73	0.0	0.03
SAN PEDRO DE ACOR	54	40.13	-7.49	-1.20	-3.10	0.0	0.02
GUARCS	55	40.12	-8.31	-6.01	-10.30	0.0	0.02
CRUZ DE SORRUCOS	56	40.11	-8.27	-1.31	-1.04	0.0	0.01
BRIGADEIRA	57	40.04	-7.10	-9.04	-1.32	0.0	0.02
LOUSA	58	40.05	-8.11	0.72	-1.75	0.0	0.02
TABERNA SECA	59	39.93	-7.18	-10.72	-1.75	0.0	0.02
AGUDA	60	39.94	-8.20	-9.66	-9.62	0.0	0.02
MONTE REDUNDO	61	39.94	-8.51	-8.67	-11.34	0.0	0.02
CABECO ALTA	62	39.91	-7.51	-8.28	-4.24	0.0	0.02
CABECO BAIXO	63	39.48	-7.28	-8.20	0.10	0.0	0.02
CABECO ALTO	64	39.48	-7.02	-3.24	-1.17	0.0	0.03
PATIAS	65	39.41	-9.00	1.15	-14.04	0.0	0.02
MUNGA	66	39.40	-8.46	-0.55	-14.06	0.0	0.02
CASAS DA PENA	67	39.35	-8.32	-7.55	-3.18	0.0	0.02
BOTO	68	39.34	-7.31	-6.31	-4.73	0.0	0.02
MEDROA	69	39.31	-8.18	-9.65	-7.70	0.0	0.02
BOURO	70	39.27	-9.12	-1.29	-8.70	0.0	0.02
CANDEIROS	71	39.26	-8.55	-8.32	-7.69	0.0	0.02
CORTESES	72	39.22	-7.38	-4.60	-7.01	0.0	0.02
VALE DE AGUA	73	39.22	-8.01	-8.03	-5.99	0.0	0.02
PENICHE	74	39.22	-9.23	1.83	-8.32	0.0	0.03
FIGUEIRAS	75	39.20	-8.25	-7.41	-5.50	0.0	0.02
CABECA GORDA	76	39.20	-8.45	-8.10	-2.86	0.0	0.02
SAN MANEDE	77	39.19	-7.22	-5.83	-7.20	0.0	0.02
ALTER PEDROSO	78	39.11	-7.37	-1.40	-5.37	0.0	0.02
MONTE JURTO	79	39.10	-9.03	-8.37	-2.23	0.0	0.02
ALMEIRIN	80	39.09	-8.35	-8.28	-3.48	0.0	0.03
CAPELA	81	39.04	-7.28	-7.32	-2.38	0.0	0.03
ATALATA DA CONTENDA	82	39.02	-7.06	-6.21	-3.14	0.0	0.03
ABOBREIRA	83	39.01	-9.18	-5.71	-5.14	0.0	0.03
CATXETIRU	84	38.95	-7.39	-2.50	-4.22	0.0	0.02
ADUA	85	38.74	-8.01	-3.47	-2.51	0.0	0.02
SERVES	86	38.74	-9.03	-10.47	-2.51	0.0	0.02
CASCALHO	87	38.53	-8.53	-4.52	-7.15	0.0	0.02
S.TORCATO	88	38.50	-8.31	-4.31	-6.50	0.0	0.02
REGO	89	38.50	-7.15	-2.03	-2.66	0.0	0.02
GIDEAL	90	38.49	-8.17	-2.22	-5.82	0.0	0.02
DEGE	91	38.46	-9.27	-10.06	-7.18	0.0	0.03
MILHANDS	92	38.44	-7.35	-8.76	-5.28	0.0	0.02
ALANDILOS	93	38.44	-6.95	-2.46	-9.73	0.0	0.02
ALANDIOL	94	38.42	-7.59	-0.10	-6.18	0.0	0.02
BOMBEL	95	38.42	-7.24	-5.90	-2.54	0.0	0.02
PALMELA	96	38.41	-8.32	-2.44	-6.81	0.0	0.02
SERRINHA	97	38.34	-8.54	-5.19	-7.98	0.0	0.03
SERRINHA	98	38.30	-8.31	-5.18	-6.26	0.0	0.02
SESI-MBRA	99	38.27	-9.06	-10.61	-7.35	0.0	0.03
ESPINHEIRA	100	38.27	-7.48	-4.54	-6.40	0.0	0.02

Tabla 7.10

RESULTADOS DE LA COMPENSACION * HOJA 3							
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OMO.GEOTIDE	DESV.TIPICA
HONSARAZ	101	38.27	-7.23	-3.83	-0.88	0.0	0.03
S.VICENTE	102	38.19	-8.00	-3.08	-7.30	0.0	0.03
HENDRO	103	38.15	-7.47	-6.21	-0.10	0.0	0.03
CARRASCAIS	104	38.15	-8.18	-6.32	-10.15	0.0	0.03
MENTIRAS	105	38.11	-7.38	-3.23	-7.92	0.0	0.03
ATALAIA (GRANDOLA)	106	38.00	-7.37	-3.12	-7.05	0.0	0.03
ATALAIA (ORDA)	107	38.03	-7.27	-6.28	-5.77	0.0	0.03
BARROS	108	38.01	-7.32	-6.04	-6.30	0.0	0.03
BEJA	109	37.56	-7.36	-5.28	-4.43	0.0	0.03
GUARLUPE	110	37.54	-7.21	-7.21	-8.74	0.0	0.03
BARCELONA	111	37.52	-8.26	-5.87	-6.95	0.0	0.03
MONTINHO	112	37.49	-7.31	-3.65	-4.67	0.0	0.03
AGUA NEGRA	113	37.48	-7.37	-8.99	-4.92	0.0	0.03
URZA	114	37.37	-8.04	-4.34	-5.56	0.0	0.03
VIGIA	115	37.37	-8.23	-3.55	-8.62	0.0	0.03
S. TEOTONIO	116	37.30	-8.81	-3.81	-9.21	0.0	0.03
QUINTA	117	37.29	-7.31	-7.18	-3.11	0.0	0.03
ROMEIRA	118	37.24	-7.32	-11.52	-0.38	0.0	0.03
JOIO	119	37.24	-8.23	-8.82	-6.42	0.0	0.03
FOIA	120	37.19	-8.36	-9.30	-7.38	0.0	0.03
ARRIFANA	121	37.17	-8.22	-6.20	-11.79	0.0	0.03
ALCARRIA DO CUNE	122	37.14	-7.85	-10.09	-13.44	0.0	0.03
POLORA	123	37.13	-8.47	-11.07	-6.95	0.0	0.03
PICOTA	124	37.09	-8.07	-19.78	-4.18	0.0	0.03
ATALAIA	125	37.05	-8.43	-16.16	-8.59	0.0	0.03
ASPA	126	37.05	-8.37	-10.37	-10.35	0.0	0.03
JOINAL	127	37.02	-7.33	-10.86	-3.46	0.0	0.03
	128						

Tabla 7.10

NUMERO DE PUNTOS DATO EN PSI. ETA 129
 NUMERO DE PUNTOS DATO EN GHO. GEODE 1
 GRADO DEL POLINOMIO DE INTERPOLACION 2

MATRIZ DE VARIANZAS-COVARIANZAS DE LOS COEFICIENTES DEL POLINOMIO.

0.3142750-13	0.1297740-13	-0.4670960-13	-0.4964130-13	0.1068290-13	-0.5470040-14	-0.1643225-13	0.1010270-12	0.1076380-11
0.1297740-13	0.4068870-11	0.1747770-11	0.6810400-12	-0.1348470-12	-0.2377650-10	0.4203465-12	-0.3766640-13	0.2015350-10
-0.4670960-13	0.1747770-11	0.2888930-09	0.1643440-11	-0.1702280-10	-0.5621780-10	0.2369720-10	0.1839940-13	-0.4549350-09
-0.4964130-13	0.6810400-12	0.1643440-11	0.2650150-11	0.3934020-12	-0.7821220-11	0.3356620-12	-0.2322890-13	-0.3553340-13
0.1068290-13	-0.1348470-12	-0.1702280-10	0.3934020-12	0.1317040-09	0.1262960-09	-0.2313960-11	-0.1034060-10	-0.2341340-08
-0.5470040-14	-0.2377650-10	-0.5621780-10	-0.7821220-11	0.1262960-09	0.8359810-08	0.2777320-10	-0.2261870-08	-0.1697470-07
-0.1643225-13	0.4208460-12	0.2369720-10	0.3356620-12	-0.2313960-11	0.2777320-10	0.2741320-10	-0.1648990-13	-0.7848350-09
0.1010270-12	-0.3766640-10	0.1839940-10	-0.2322890-10	-0.1034060-10	-0.2261870-08	-0.1648990-10	0.3186900-09	0.4409100-09
0.1076380-11	0.2015350-10	-0.4549350-08	-0.3553340-10	-0.2341340-08	-0.1097470-07	-0.7848350-09	0.4409100-09	0.2188920-06

SOLUCIONES

-0.3636320-06	0.2700220-04	-0.8822350-04	0.2842940-04	0.2171100-04	-0.5213110-04	-0.1762960-04	0.1145540-03	0.1402310-03
---------------	--------------	---------------	--------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------

VARIANZA = 0.1741220-04 DES. TIPICA = 0.4172790-02

Tabla 7.11

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	DND PSI AP. EMC	ETA AP. EMC	DND AP. EMC	N. PUNTO
1	37 7 59.99	-8 23 60.00	-17.01	-6.94			-40.84 0.59	1
2	38 33 60.00	-8 11 60.00	-6.60	-8.31			-33.88 0.33	2
3	41 33 60.00	-7 30 60.00	0.06	-4.68			-23.34 0.49	3
4	40 36 59.99	-7 38 60.00	-3.21	0.37			-23.70 0.37	4
5	39 4 59.98	-8 10 60.00	-2.01	-6.19			-32.09 0.23	5
6	39 41 59.99	-8 7 60.00	-7.39	-6.83			-30.11 0.17	6
7	37 21 59.95	-8 4 60.00	-9.09	-4.36			-38.68 0.34	7
8	37 32 59.99	-8 9 60.00	-3.78	-6.61			-36.49 0.45	8
9	38 42 59.97	-9 7 60.00	-9.66	-0.92			-36.30 0.38	9
10	37 10 59.95	-7 28 60.00	-16.92	1.60			-38.55 0.63	10
11	41 57 59.97	-8 18 60.00	-3.78	-13.90			-23.78 0.63	11
12	41 54 59.96	-8 42 60.00	-0.43	-7.40			-25.34 0.65	12
13	41 54 59.96	-6 59 60.00	-6.64	-7.89			-20.86 0.64	13
14	41 52 59.99	-7 42 60.00	-7.21	0.34			-22.42 0.36	14
15	41 50 59.97	-6 34 60.00	-8.13	-2.91			-20.72 0.67	15
16	41 45 59.99	-8 26 60.00	-4.38	-7.76			-24.94 0.36	16
17	41 44 60.00	-8 49 60.00	-8.44	-8.74			-26.33 0.60	17
18	41 42 59.97	-6 50 60.00	-10.97	-1.09			-21.63 0.60	18
19	41 42 59.97	-7 9 60.00	-11.12	-3.36			-22.09 0.36	19
20	41 39 59.96	-6 17 60.00	-7.68	0.11			-21.26 0.69	20
21	41 37 59.99	-8 2 60.00	-6.76	-9.49			-24.26 0.30	21
22	41 31 59.97	-8 21 60.00	-6.14	-11.04			-23.47 0.48	22
23	41 31 59.97	-6 33 60.00	-6.81	-2.74			-22.07 0.61	23

Tabla 7.12

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND	PSI AP. EMC	ETA AP. EMC	OND AP. EMC	N. PUNTO
24	41 25 59.95	-8 42 50.00	-5.66	-8.37				-26.91 0.47	24
25	41 25 59.95	-7 0 50.00	-8.47	-12.25				-23.07 0.32	25
26	41 22 59.99	-6 35 50.00	-5.58	-0.19				-22.70 0.58	26
27	41 18 50.00	-8 22 50.00	-2.73	-7.27				-26.21 0.42	27
28	41 14 50.00	-7 52 50.00	-4.49	-2.95				-25.20 0.41	28
29	41 13 59.96	-7 15 50.00	-5.42	-3.45				-24.18 0.46	29
30	41 12 59.97	-6 45 50.00	-4.64	-4.92				-23.54 0.53	30
31	41 11 59.99	-7 35 50.00	-4.90	-1.20				-24.83 0.42	31
32	41 9 59.96	-8 15 50.00	-5.65	-10.30				-26.35 0.39	32
33	41 5 59.97	-8 34 50.00	-3.93	-7.89				-27.47 0.38	33
34	40 57 59.97	-7 22 50.00	-3.58	-2.40				-25.23 0.40	34
35	40 55 59.95	-7 53 50.00	-10.34	-5.10				-26.21 0.35	35
36	40 51 59.95	-8 39 50.00	-5.36	-6.12				-28.42 0.33	36
37	40 51 59.95	-6 38 50.00	-3.29	-2.74				-24.97 0.44	37
38	40 50 59.97	-8 16 50.00	-8.58	-8.03				-27.32 0.33	38
39	40 49 59.98	-8 6 50.00	-8.79	-2.00				-26.96 0.32	39
40	40 48 50.00	-7 49 50.00	-9.85	-5.69				-26.41 0.34	40
41	40 45 59.99	-7 24 50.00	-4.84	-0.79				-25.86 0.37	41
42	40 38 59.98	-8 44 50.00	-6.69	-8.70				-29.34 0.30	42
43	40 36 59.95	-7 44 50.00	-5.53	-6.82				-26.82 0.31	43
44	40 35 59.97	-6 50 50.00	-3.31	-2.72				-25.56 0.42	44
45	40 35 59.97	-7 7 50.00	-1.05	-2.00				-25.93 0.38	45
46	40 32 59.96	-8 10 50.00	-9.55	5.50				-27.90 0.27	46
47	40 31 59.97	-7 25 50.00	1.13	-5.20				-26.53 0.33	47

Tabla 7.12

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND	PSI AP.	EMC	ETA AP.	EMC	OND AP.	EMC	N. PUNTO
48	40 26 59.99	-8 47 40.00	-7.84	-8.19						-30.09	0.28	48
49	40 26 59.99	-6 52 40.00	-5.12	-4.78						-26.00	0.40	49
50	40 22 59.99	-7 55 40.00	-0.82	-7.98						-27.79	0.25	50
51	40 21 59.99	-8 20 40.00	-6.28	-6.11						-28.84	0.24	51
52	40 18 40.00	-7 56 40.00	-9.09	-5.12						-27.38	0.27	52
53	40 18 40.00	-7 7 40.00	-5.71	-7.73						-26.66	0.34	53
54	40 12 59.97	-7 48 40.00	-1.20	-5.10						-28.00	0.23	54
55	40 11 59.99	-8 50 40.00	-6.00	-10.30						-30.98	0.26	55
56	40 10 59.99	-8 26 40.00	-1.91	-10.08						-29.64	0.22	56
57	40 7 59.99	-7 9 40.00	-9.00	-5.32						-27.16	0.31	57
58	40 4 59.98	-8 10 40.00	0.43	-11.18						-29.18	0.20	58
59	40 2 59.96	-7 27 40.00	-10.72	1.75						-27.80	0.25	59
60	39 54 59.96	-8 19 40.00	-8.56	-9.84						-30.05	0.16	60
61	39 53 59.98	-8 50 40.00	-3.67	-11.54						-31.83	0.24	61
62	39 50 59.97	-7 55 40.00	-8.28	-4.24						-29.21	0.18	62
63	39 47 59.96	-7 27 40.00	-5.20	0.10						-28.42	0.23	63
64	39 43 59.96	-7 1 40.00	-3.24	-1.17						-27.96	0.32	64
65	39 40 59.95	-8 59 40.00	1.15	-14.04						-33.03	0.28	65
66	39 39 59.96	-8 45 40.00	-0.55	-14.06						-32.18	0.23	66
67	39 34 59.98	-8 31 40.00	-7.55	-3.18						-31.62	0.20	67
68	39 33 40.00	-7 30 40.00	-4.51	-4.73						-29.11	0.22	68
69	39 30 59.99	-8 17 40.00	-9.65	-7.70						-31.10	0.18	69
70	39 26 59.99	-9 11 40.00	-1.29	-8.70						-34.49	0.33	70
71	39 25 59.95	-8 54 40.00	-8.32	-7.69						-33.41	0.27	71

Tabla 7.12

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND	PSI AP. EMC	ETA AP. EMC	OND AP. EMC	N. PUNTO
72	39 21 59.95	-7 37 50.00	-4.60	-7.01				-29.87 0.22	72
73	39 21 59.95	-8 0 50.00	-8.05	-5.99				-30.77 0.19	73
74	39 21 59.95	-9 24 50.00	1.85	-8.52				-35.61 0.91	74
75	39 19 59.98	-8 24 50.00	-7.41	-5.50				-32.00 0.21	75
76	39 19 59.98	-8 44 50.00	-8.10	-2.86				-33.10 0.25	76
77	39 18 50.00	-7 21 50.00	-5.83	-7.20				-29.51 0.25	77
78	39 10 59.95	-7 36 50.00	-1.40	-5.57				-30.36 0.24	78
79	39 9 59.96	-9 2 50.00	-8.57	-12.30				-34.68 0.32	79
80	39 8 59.98	-8 34 50.00	-6.28	-4.49				-33.11 0.25	80
81	39 3 50.00	-7 27 50.00	-7.52	-3.58				-30.40 0.27	81
82	39 1 59.97	-7 5 50.00	-6.21	-4.14				-29.91 0.33	82
83	39 0 59.99	-9 17 50.00	-4.71	-3.74				-36.01 0.38	83
84	38 54 59.96	-7 38 50.00	-2.50	-5.22				-31.24 0.28	84
85	38 53 59.98	-8 0 50.00	-3.86	-4.31				-32.21 0.27	85
86	38 53 59.98	-9 4 50.00	-10.67	-2.50				-35.58 0.35	86
87	38 52 59.99	-8 44 50.00	-4.42	-7.15				-34.51 0.31	87
88	38 49 59.98	-8 30 50.00	-3.31	-8.50				-33.93 0.30	88
89	38 49 59.98	-7 14 50.00	-5.03	-2.66				-30.74 0.33	89
90	38 48 50.00	-8 16 50.00	-2.22	-5.82				-33.26 0.29	90
91	38 45 59.99	-9 26 50.00	-10.06	-7.18				-37.16 0.45	91
92	38 43 59.96	-7 34 50.00	-4.76	-5.28				-31.69 0.31	92
93	38 43 59.96	-8 44 50.00	-2.46	-9.73				-35.01 0.34	93
94	38 43 59.96	-7 58 50.00	-0.10	-6.18				-32.68 0.30	94
95	38 41 59.99	-7 23 50.00	-5.90	-2.34				-31.43 0.33	95

Tabla 7.12

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND	PSI AP.	EMC	ETA AP.	EMC	OND AP.	EMC	N. PUNTO
96	38 40 59.95	-8 31 50.00	-2.84	-6.81						-36.49	0.33	96
97	38 33 40.00	-8 55 50.00	-5.19	-7.99						-36.06	0.38	97
98	38 29 40.00	-8 30 40.00	-3.18	-6.26						-35.09	0.36	98
99	38 26 59.99	-9 5 40.00	-10.61	-7.35						-37.08	0.42	99
100	38 26 59.99	-7 47 40.00	-4.54	-6.40						-35.20	0.35	100
101	38 26 59.99	-7 22 40.00	-3.85	-0.88						-32.29	0.37	101
102	38 18 40.00	-7 59 40.00	-3.08	-7.30						-34.24	0.37	102
103	38 14 40.00	-7 46 40.00	-6.21	-7.10						-33.93	0.39	103
104	38 14 40.00	-8 13 40.00	-6.32	-10.15						-35.17	0.39	104
105	38 13 59.96	-7 8 40.00	-3.20	-4.82						-32.80	0.44	105
106	38 9 59.96	-8 38 40.00	-4.33	-7.95						-36.78	0.42	106
107	38 5 59.97	-7 26 40.00	-5.12	-7.00						-33.82	0.42	107
108	38 2 59.96	-8 25 40.00	-6.28	-5.77						-36.59	0.43	108
109	38 0 59.99	-7 51 40.00	-6.04	-6.30						-35.10	0.42	109
110	37 55 59.95	-7 35 40.00	-5.28	-4.43						-36.84	0.44	110
111	37 53 59.98	-8 40 40.00	-7.21	-8.78						-37.99	0.47	111
112	37 51 59.95	-8 25 40.00	-5.87	-6.95						-37.36	0.46	112
113	37 48 40.00	-7 50 40.00	-5.65	-4.67						-35.93	0.46	113
114	37 47 59.96	-7 26 40.00	-8.99	-4.92						-35.18	0.47	114
115	37 26 59.99	-8 3 40.00	-4.34	-5.56						-38.22	0.52	115
116	37 36 59.95	-8 22 40.00	-3.55	-8.62						-38.34	0.50	116
117	37 29 40.00	-8 42 40.00	-3.81	-9.21						-39.97	0.53	117
118	37 28 59.96	-7 50 40.00	-7.18	-3.11						-37.32	0.52	118
119	37 25 59.95	-7 31 40.00	-11.52	-0.38						-37.19	0.55	119

Tabla 7.12

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	OND	PSI AP.	EMC	ETA AP.	EMC	OND AP.	EMC	N. PUNTO
120	37 23 59.96	-8 22 60.00	-8.82	-6.42						-39.39	0.53	120
121	37 18 60.00	-8 35 60.00	-9.30	-7.58						-40.53	0.56	121
122	37 16 59.97	-8 51 60.00	-6.20	-11.79						-41.68	0.59	122
123	37 13 59.96	-7 44 60.00	-10.09	-13.44						-38.63	0.58	123
124	37 12 59.97	-8 46 60.00	-11.07	-6.95						-41.75	0.60	124
125	37 8 59.98	-8 6 60.00	-19.78	-4.18						-39.90	0.58	125
126	37 4 59.98	-8 42 60.00	-16.16	-6.59						-42.29	0.63	126
127	37 4 59.98	-8 36 60.00	-10.37	-10.55						-43.27	0.67	127
128	37 1 59.97	-7 52 60.00	-10.86	-3.46						-40.00	0.63	128
6	39 41 59.99	-8 7 60.00			0.0	-4.66	0.48	-6.31	0.58	-30.11	0.17	6

NUM. PUNTO	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI	ETA	MODULACION	E.M.C.				
							INTERPOLADOS		GEOTIDE					
1	-8.400000	37.133331	-6.94	-17.01	F	1.00	1.00	0.13	-0.73	-4.81	-17.74	-40.70	0.31	1
2	-8.200000	38.566666	-8.31	-6.60	F	1.00	1.00	2.02	0.36	-6.29	-6.04	-34.52	0.32	2
3	-7.916666	41.566666	-4.68	0.06	F	1.00	1.00	3.18	-4.61	-1.50	-4.33	-23.35	0.32	3
4	-7.650000	40.949997	0.37	-3.21	F	1.00	1.00	-1.91	-3.18	-1.54	-4.39	-25.12	0.38	4
5	-8.183332	39.083328	-6.19	-2.01	F	1.00	1.00	-1.27	-2.59	-7.46	-4.60	-33.16	0.33	5
6	-8.133333	39.699997	-6.83	-7.39	F	1.00	1.00	-0.90	-2.84	-7.73	-10.23	-30.11	0.34	6
7	-8.083333	37.366653	-4.36	-9.09	F	1.00	1.00	0.81	-1.35	-3.55	-10.44	-37.96	0.50	7
8	-8.166666	37.883331	-6.61	-3.78	F	1.00	1.00	-1.87	-1.79	-8.48	-5.57	-36.53	0.42	8
9	-9.133333	38.716660	-0.92	-9.66	F	1.00	1.00	-0.89	3.05	-1.81	-6.61	-37.79	0.39	9
10	-7.483333	37.183319	1.40	-16.92	F	1.00	1.00	0.63	0.75	2.23	-16.17	-37.90	0.60	10
11	-8.316667	41.966660	-13.90	-3.78	F	1.00	1.00	1.44	0.57	-12.46	-3.21	-23.53	0.60	11
12	-8.716666	41.916656	-7.40	-0.45	F	1.00	1.00	-0.15	0.18	-7.35	-0.27	-25.67	0.61	12
13	-7.000000	41.916656	-7.89	-6.64	F	1.00	1.00	1.26	0.05	-6.63	-6.59	-19.99	0.63	13
14	-7.716666	41.883331	0.34	-7.21	F	1.00	1.00	-1.22	-0.57	-0.88	-7.68	-22.23	0.66	14
15	-6.983333	41.849991	-2.91	-8.13	F	1.00	1.00	1.65	-0.41	-1.26	-8.34	-19.65	0.63	15
16	-8.490000	41.766663	-7.76	-4.38	F	1.00	1.00	-1.77	-2.48	-9.53	-6.86	-24.93	0.56	16
17	-8.833333	41.750000	-8.74	-8.46	F	1.00	1.00	1.37	1.17	-7.17	-7.29	-26.47	0.61	17
18	-6.849999	41.716660	-1.09	-10.97	F	1.00	1.00	-2.40	1.20	-3.89	-9.77	-20.71	0.57	18
19	-7.166666	41.716660	-5.36	-11.12	F	1.00	1.00	-3.34	1.64	-8.70	-9.48	-21.72	0.55	19
20	-6.299999	41.666656	0.11	-7.68	F	1.00	1.00	-0.47	-1.13	-0.36	-8.81	-20.32	0.68	20
21	-8.049999	41.633331	-9.49	-6.76	F	1.00	1.00	2.32	1.06	-7.17	-3.70	-23.76	0.52	21
22	-8.366666	41.533325	-11.04	-6.14	F	1.00	1.00	2.31	1.32	-8.73	-8.82	-25.44	0.50	22
23	-6.566667	41.533325	-2.74	-6.81	F	1.00	1.00	1.09	0.60	-1.65	-6.21	-21.28	0.59	23
24	-8.716666	41.433319	-8.37	-3.66	F	1.00	1.00	-1.04	1.65	-9.41	-4.01	-27.06	0.53	24
25	-7.016666	41.433319	-12.23	-8.47	F	1.00	1.00	5.25	1.51	-7.00	-6.96	-22.37	0.53	25

Tabla 7.13

NUM. PUNTO	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI INTERPOLADOS	ETA INTERPOLADOS	ONDULACION GEODE	E.M.C.
26	-6.599999	41.383331	-0.19	-5.58 F	1.00	-1.88	-2.07	-5.59	-21.82	0.59
27	-6.383333	41.316666	-7.27	-2.73 F	1.00	-1.36	-8.61	-6.36	-26.11	0.46
28	-7.883333	41.250000	-2.95	-4.49 F	1.00	-1.16	-4.11	-4.53	-24.28	0.44
29	-7.266666	41.233322	-3.45	-5.42 F	1.00	-0.25	-3.70	-5.29	-24.05	0.46
30	-6.766666	41.216660	-4.92	-4.64 F	1.00	0.26	-4.66	-4.88	-22.72	0.57
31	-7.599999	41.199997	-1.20	-4.90 F	1.00	1.92	0.11	0.72	-24.28	0.42
32	-8.266666	41.166656	-10.30	-5.65 F	1.00	0.25	2.47	-10.05	-25.93	0.43
33	-8.383333	41.099991	-7.49	-3.93 F	1.00	0.16	-0.29	-7.75	-27.49	0.45
34	-7.383333	40.966660	-2.40	-3.58 F	1.00	1.06	-0.47	-1.34	-24.92	0.40
35	-7.900000	40.933319	-5.10	-10.34 F	1.00	2.09	1.59	-3.01	-25.47	0.38
36	-8.666666	40.866653	-6.12	-5.36 F	1.00	-1.52	1.11	-7.64	-28.36	0.47
37	-6.983333	40.866653	-2.74	-3.29 F	1.00	-2.64	-0.84	-5.38	-24.49	0.46
38	-8.266633	40.849991	-8.05	-8.58 F	1.00	1.22	2.78	-6.83	-26.68	0.41
39	-8.116666	40.829992	-2.00	-8.79 F	1.00	-1.27	-0.64	-3.27	-26.37	0.40
40	-7.833333	40.816666	-9.49	-9.85 F	1.00	1.55	-0.17	-4.16	-26.04	0.37
41	-7.416666	40.766663	-0.79	-4.80 F	1.00	-1.52	1.80	-2.31	-25.39	0.39
42	-8.750000	40.649994	-8.76	-4.69 F	1.00	0.65	-1.54	-8.05	-29.48	0.48
43	-7.750000	40.616653	-6.82	-5.33 F	1.00	-3.14	-0.29	-9.96	-26.79	0.35
44	-6.849999	40.599991	-2.72	-3.31 F	1.00	-0.41	0.54	-3.13	-24.72	0.47
45	-7.133333	40.599991	-2.00	-1.05 F	1.00	-1.47	-1.71	-3.47	-25.37	0.41
46	-8.183332	40.549988	5.50	-9.55 F	1.00	-5.45	1.33	0.05	-28.14	0.38
47	-7.433332	40.533325	-5.20	1.15 F	1.00	2.00	-4.06	-3.20	-25.78	0.37
48	-8.799999	40.449997	-8.19	-7.84 F	1.00	-0.63	-0.08	-8.82	-30.71	0.48
49	-6.883333	40.449997	-4.78	-5.12 F	1.00	1.12	1.80	-3.66	-25.04	0.46
50	-7.933332	40.383331	-7.98	-0.82 F	1.00	-0.15	0.74	-8.13	-28.15	0.36

Tabla 7.13

NUM. PUNTO	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI		ETA	ONDULACION		E.M.C.		
							INTERPOLADOS			GEODE				
51	-8.36999	40.36665	-6.11	-6.28	F	1.00	1.00	1.30	1.19	-4.81	-5.09	-28.96	0.39	51
51	-8.86999	39.89994	-11.54	-3.67	F	1.00	1.00	-1.77	0.35	-13.31	-5.32	-32.86	0.41	51
52	-7.61666	40.31666	-5.12	-9.09	F	1.00	1.00	-1.21	3.78	-6.33	-5.31	-26.81	0.36	52
53	-7.13333	40.31666	-7.73	-5.71	F	1.00	1.00	2.20	-1.02	-5.53	-6.73	-26.08	0.42	53
54	-7.81666	40.21666	-5.10	-1.20	F	1.00	1.00	-1.36	0.29	-6.46	-0.91	-27.66	0.36	54
55	-8.89999	40.19997	-10.30	-6.00	F	1.00	1.00	1.27	-0.01	-9.03	-6.01	-31.93	0.45	55
56	-8.45000	40.18331	-10.08	-1.91	F	1.00	1.00	-0.18	-2.98	-10.26	-4.89	-29.87	0.38	56
57	-7.16666	40.13331	-5.32	-9.00	F	1.00	1.00	-2.14	-0.89	-7.46	-9.89	-27.16	0.43	57
58	-8.18332	40.08332	-11.18	0.43	F	1.00	1.00	2.56	-2.38	-8.62	-1.95	-28.87	0.34	58
59	-7.46666	40.04998	1.75	-10.72	F	1.00	1.00	-0.46	0.49	1.29	-10.23	-28.18	0.38	59
60	-8.33333	39.91666	-9.84	-8.56	F	1.00	1.00	-0.37	3.32	-10.41	-5.24	-29.99	0.34	60
62	-7.93332	39.84991	-4.24	-8.28	F	1.00	1.00	1.11	0.13	-3.13	-8.15	-28.68	0.37	62
63	-7.46666	39.79998	0.10	-5.20	F	1.00	1.00	-0.67	0.34	-0.37	-4.76	-29.29	0.39	63
64	-7.03333	39.73332	-1.17	-3.24	F	1.00	1.00	0.34	1.19	-0.83	-2.05	-28.25	0.70	64
65	-9.00000	39.68331	-14.04	1.13	F	1.00	1.00	-1.15	-0.18	-15.19	0.97	-34.09	0.38	65
66	-8.76666	39.64666	-14.06	-0.55	F	1.00	1.00	3.63	-1.38	-10.43	-1.93	-32.61	0.35	66
67	-8.33333	39.58332	-3.18	-7.53	F	1.00	1.00	-1.35	0.07	-4.33	-7.48	-32.05	0.32	67
68	-7.51666	39.54666	-4.75	-4.51	F	1.00	1.00	0.17	-0.27	-4.56	-4.78	-30.00	0.37	68
69	-8.29999	39.51663	-7.70	-9.63	F	1.00	1.00	1.14	0.01	-6.56	-9.64	-31.82	0.32	69
70	-9.20000	39.44997	-8.70	-1.29	F	1.00	1.00	-4.35	-1.83	-13.05	-3.12	-35.43	0.43	70
71	-8.91666	39.43331	-7.69	-8.32	F	1.00	1.00	-3.36	4.87	-11.05	-3.45	-33.64	0.34	71
72	-7.63333	39.36663	-7.01	-4.60	F	1.00	1.00	1.56	-0.14	-5.45	-4.74	-30.89	0.35	72
73	-8.01666	39.36663	-5.99	-8.05	F	1.00	1.00	0.75	0.79	-3.24	-7.26	-31.65	0.33	73
74	-9.41666	39.36663	-8.32	1.83	F	1.00	1.00	0.52	-2.84	-7.80	-1.01	-36.70	0.51	74
75	-8.41666	39.33332	-5.50	-7.41	F	1.00	1.00	1.33	-0.22	-4.17	-7.63	-33.09	0.32	75

Tabla 7.13

NOV. P. 10	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI	ETA	INTERPOLADOS	Simulacion E.M.C.	GEOTIDE		
76	-8.750000	39.333328	-2.86	-8.10 F	1.00	1.00	-0.31	1.86	-3.17	-6.24	-33.34	0.33	76
77	-7.366666	39.316666	-7.20	-5.83 F	1.00	1.00	0.53	0.87	-4.67	-4.96	-30.13	0.37	77
78	-7.616666	39.183319	-3.57	-1.40 F	1.00	1.00	-1.67	-2.70	-7.24	-4.10	-31.30	0.34	78
79	-9.049999	39.166656	-32.30	-8.37 F	1.00	1.00	15.81	-0.36	-16.49	-8.93	-35.65	0.37	79
80	-8.543333	39.149994	-4.49	-6.28 F	1.00	1.00	3.59	-1.30	-0.90	-7.58	-34.07	0.33	80
81	-7.466666	39.066666	-3.58	-7.32 F	1.00	1.00	-1.23	2.39	-4.81	-5.13	-31.13	0.34	81
82	-7.089999	39.033325	-4.14	-6.21 F	1.00	1.00	-0.15	0.53	-4.29	-5.68	-30.94	0.50	82
83	-9.299999	39.016663	-3.74	-4.71 F	1.00	1.00	2.14	3.41	-1.60	-1.30	-37.52	0.43	83
84	-7.650000	38.916656	-5.22	-2.50 F	1.00	1.00	-1.83	-1.32	-7.05	-3.82	-32.11	0.34	84
85	-8.016666	38.899994	-4.31	-3.86 F	1.00	1.00	-0.03	0.12	-4.34	-3.74	-33.17	0.34	85
86	-9.083333	38.899994	-2.50	-10.67 F	1.00	1.00	-6.27	4.89	-8.77	-5.78	-37.05	0.38	86
87	-8.750000	38.883331	-7.15	-4.42 F	1.00	1.00	0.48	-4.54	-6.67	-8.96	-35.72	0.34	87
88	-8.516666	38.833328	-8.50	-3.31 F	1.00	1.00	0.13	-0.20	-8.37	-3.51	-35.07	0.33	88
89	-7.250000	38.833328	-2.66	-5.03 F	1.00	1.00	0.40	0.44	-2.26	-4.59	-31.73	0.41	89
90	-8.283333	38.816666	-5.82	-2.22 F	1.00	1.00	-1.99	-0.92	-7.81	-3.14	-34.12	0.32	90
91	-9.450000	38.746663	-7.18	-10.06 F	1.00	1.00	-0.42	0.55	-7.60	-9.71	-37.89	0.50	91
92	-7.583333	38.733322	-5.28	-4.76 F	1.00	1.00	1.87	1.37	-3.41	-3.39	-32.31	0.36	92
93	-8.750000	38.733322	-9.73	-2.46 F	1.00	1.00	-0.26	-3.19	-9.99	-5.65	-36.38	0.34	93
94	-7.983333	38.733322	-6.18	-0.10 F	1.00	1.00	0.52	-2.73	-5.66	-2.83	-33.40	0.33	94
95	-7.400000	38.699997	-2.34	-3.90 F	1.00	1.00	1.49	0.74	-0.85	-5.16	-32.23	0.39	95
96	-8.533333	38.683319	-6.81	-2.84 F	1.00	1.00	-2.77	0.33	-9.58	-2.51	-35.40	0.33	96
97	-8.900000	38.566666	-7.99	-3.19 F	1.00	1.00	-3.10	-0.02	-11.09	-5.21	-37.71	0.39	97
98	-8.516666	38.500000	-6.26	-3.18 F	1.00	1.00	-1.34	-1.47	-7.60	-4.65	-35.69	0.34	98
99	-9.099999	38.449997	-7.35	-10.61 F	1.00	1.00	-0.89	0.97	-8.24	-9.64	-39.11	0.50	99
100	-7.799999	38.449997	-6.40	-4.54 F	1.00	1.00	0.03	0.48	-6.37	-4.06	-33.25	0.37	100

Tabla 7.13

NUM. PUNTO	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI	ETA	ONULACION	E.M.C.			
							INTERPOLADOS		GEDICE				
101	-7.383333	38.449997	-0.88	-3.85 F	1.00	1.00	-0.97	0.44	-1.85	-3.41	-32.91	0.42	101
102	-8.000000	38.316666	-7.30	-3.08 F	1.00	1.00	-2.95	-1.89	-10.25	-4.77	-34.48	0.38	102
103	-7.783333	38.250000	-7.10	-6.21 F	1.00	1.00	2.04	-0.20	-5.06	-6.41	-35.84	0.39	103
104	-8.233333	38.250000	-10.15	-6.32 F	1.00	1.00	2.26	1.40	-7.89	-4.92	-35.78	0.37	104
105	-7.150000	38.233322	-4.82	-3.20 F	1.00	1.00	0.07	-0.40	-4.75	-3.60	-32.57	0.56	105
106	-8.650000	38.166656	-7.95	-4.33 F	1.00	1.00	0.07	-1.19	-7.88	-5.52	-37.25	0.43	106
107	-7.450000	38.099991	-7.00	-5.12 F	1.00	1.00	0.39	1.62	-6.63	-3.50	-33.60	0.43	107
108	-8.433332	38.049988	-5.77	-6.28 F	1.00	1.00	0.24	0.97	-5.53	-5.31	-37.02	0.42	108
109	-7.866666	38.016663	-6.30	-6.04 F	1.00	1.00	1.01	-0.90	-5.29	-6.94	-35.01	0.41	109
110	-7.599999	37.933319	-4.43	-5.28 F	1.00	1.00	-2.39	-0.56	-6.82	-5.84	-34.62	0.44	110
111	-8.483332	37.899994	-8.78	-7.21 F	1.00	1.00	-0.45	0.69	-9.23	-6.52	-38.32	0.46	111
112	-8.433332	37.866653	-6.95	-5.87 F	1.00	1.00	0.75	0.15	-6.20	-5.72	-37.63	0.43	112
113	-7.849999	37.816666	-4.47	-5.65 F	1.00	1.00	-0.44	0.11	-5.11	-5.54	-35.73	0.43	113
114	-7.450000	37.799988	-4.92	-8.99 F	1.00	1.00	0.75	0.97	-4.17	-8.02	-34.66	0.49	114
115	-8.066667	37.449997	-5.56	-4.34 F	1.00	1.00	1.05	-3.28	-4.51	-7.62	-37.48	0.50	115
116	-8.383333	37.616653	-8.62	-3.55 F	1.00	1.00	0.98	0.13	-8.04	-3.42	-38.16	0.47	116
117	-8.716666	37.500000	-9.21	-3.81 F	1.00	1.00	-0.89	-0.41	-10.10	-4.22	-39.80	0.53	117
118	-7.849999	37.483322	-3.11	-7.18 F	1.00	1.00	-1.96	-0.73	-5.07	-7.91	-36.84	0.49	118
119	-7.533333	37.433319	-0.38	-11.52 F	1.00	1.00	-1.34	4.08	-1.72	-7.44	-36.28	0.54	119
120	-8.383333	37.399994	-6.42	-8.82 F	1.00	1.00	-1.68	2.30	-8.10	-6.32	-38.67	0.50	120
121	-8.599999	37.316666	-7.58	-9.30 F	1.00	1.00	-0.41	0.29	-7.99	-9.01	-39.94	0.53	121
122	-8.466666	37.283325	-11.79	-6.20 F	1.00	1.00	0.18	-1.10	-11.61	-7.30	-41.29	0.57	122
123	-7.750000	37.233322	-13.44	-10.09 F	1.00	1.00	9.60	-3.06	-7.84	-13.15	-38.15	0.52	123
124	-8.783333	37.216660	-6.95	-11.07 F	1.00	1.00	-0.81	-0.14	-7.76	-11.21	-41.26	0.56	124
125	-8.116666	37.149994	-4.18	-19.78 F	1.00	1.00	0.71	3.83	-3.47	-15.95	-39.80	0.52	125

Tabla 7.13

NUM.PUNTO	LONGITUD	LATITUD	PSI	ETA	PESO	RESIDUOS	PSI INTERPOLADOS	ETA INTERPOLADOS	ONDULACION GEOIDE	E.M.C.
126	-8.71666	37.083328	-6.59	-16.16 F	1.00	2.10	-0.49	-15.54	-42.15	0.57
127	-8.95000	37.083328	-10.55	-10.37 F	1.00	-0.08	-10.63	-10.97	-42.91	0.60
128	-7.48333	37.033325	-3.46	-10.66 F	1.00	-2.82	-6.28	-11.85	-40.21	0.57

PUNTOS DATO DESVIACION DE LA VERTICAL

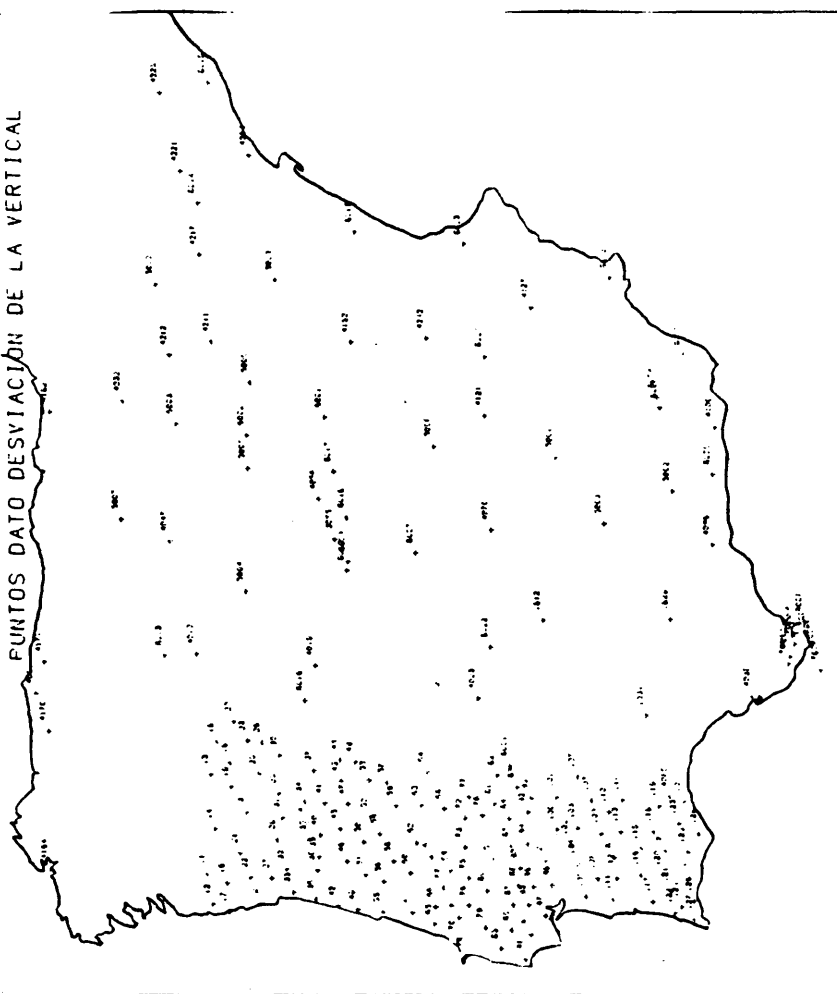


Gráfico 7.1

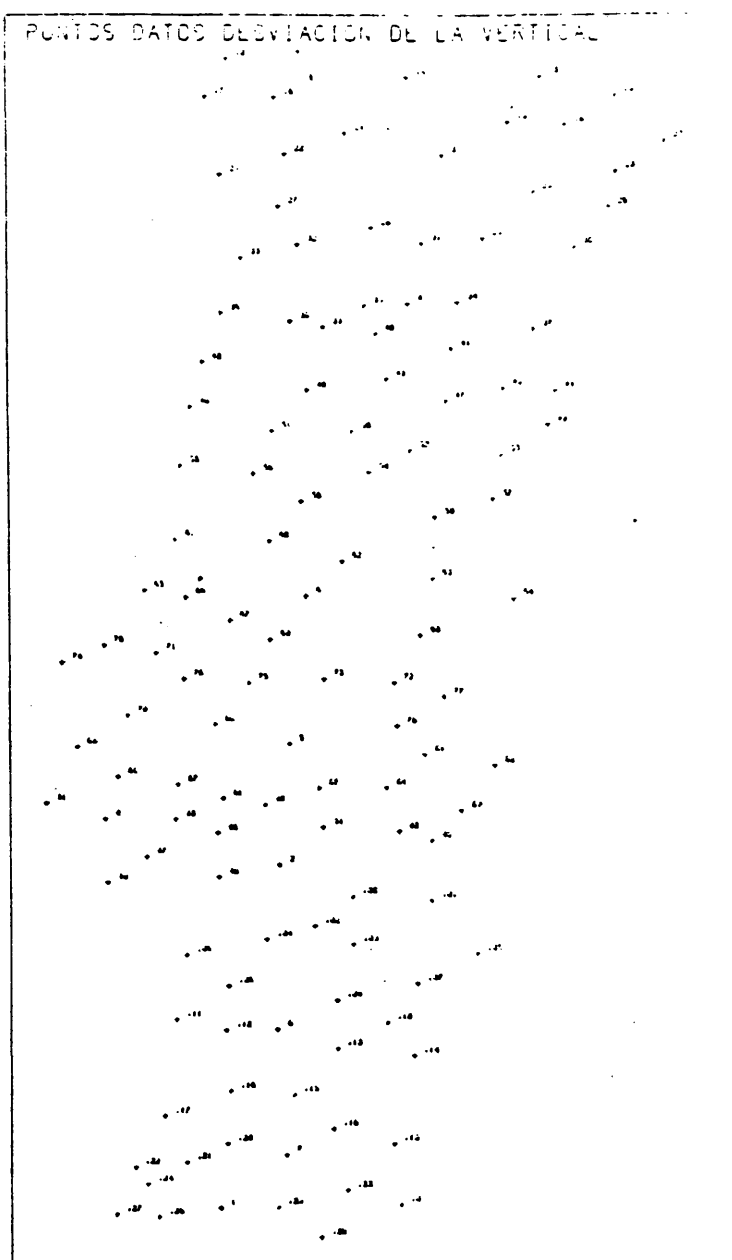


Gráfico 7.2

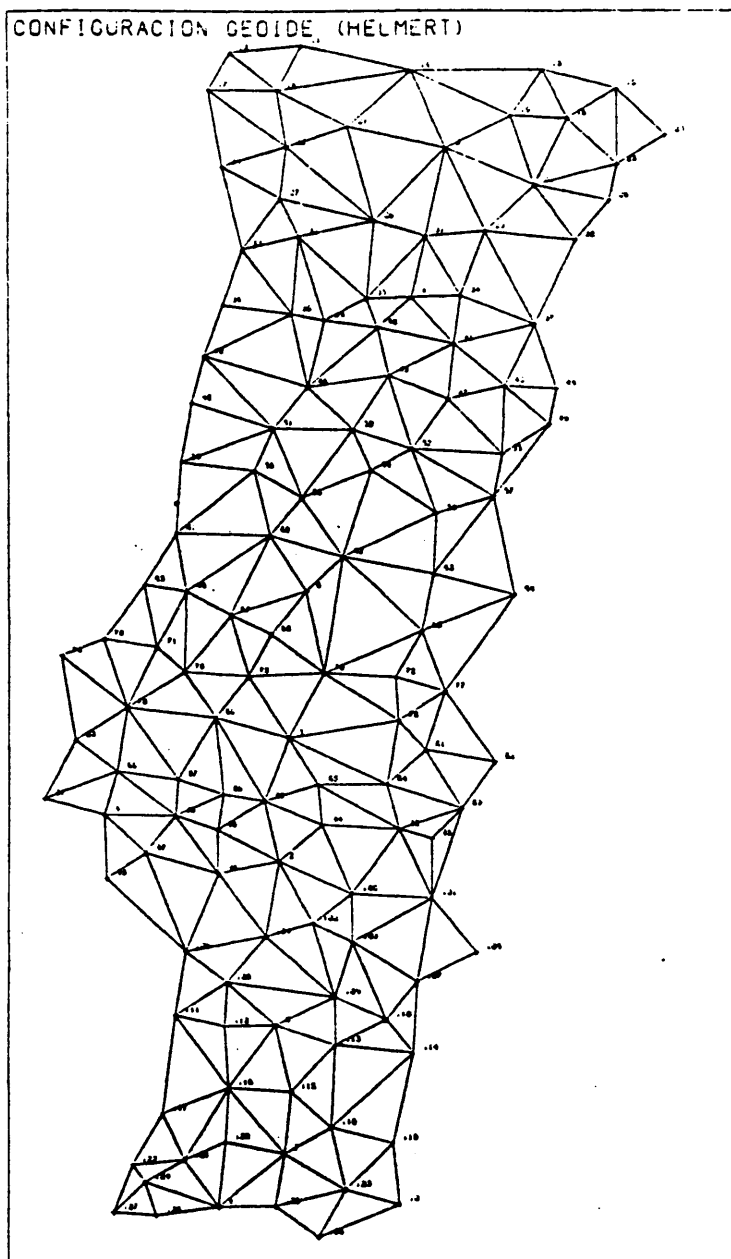
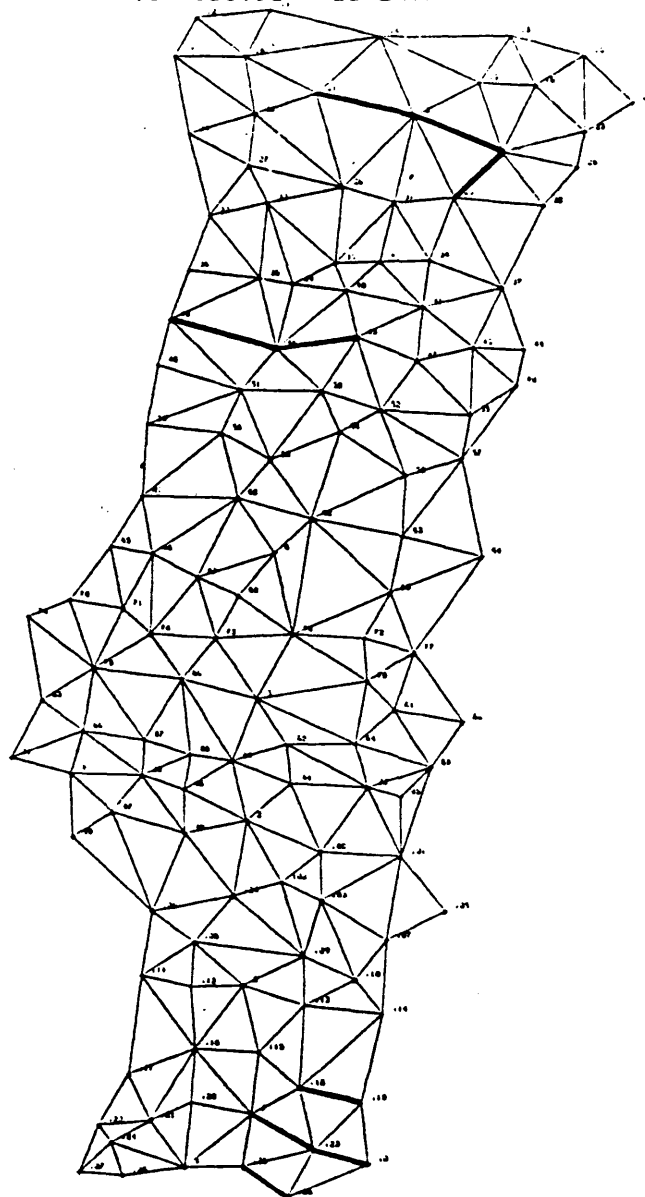
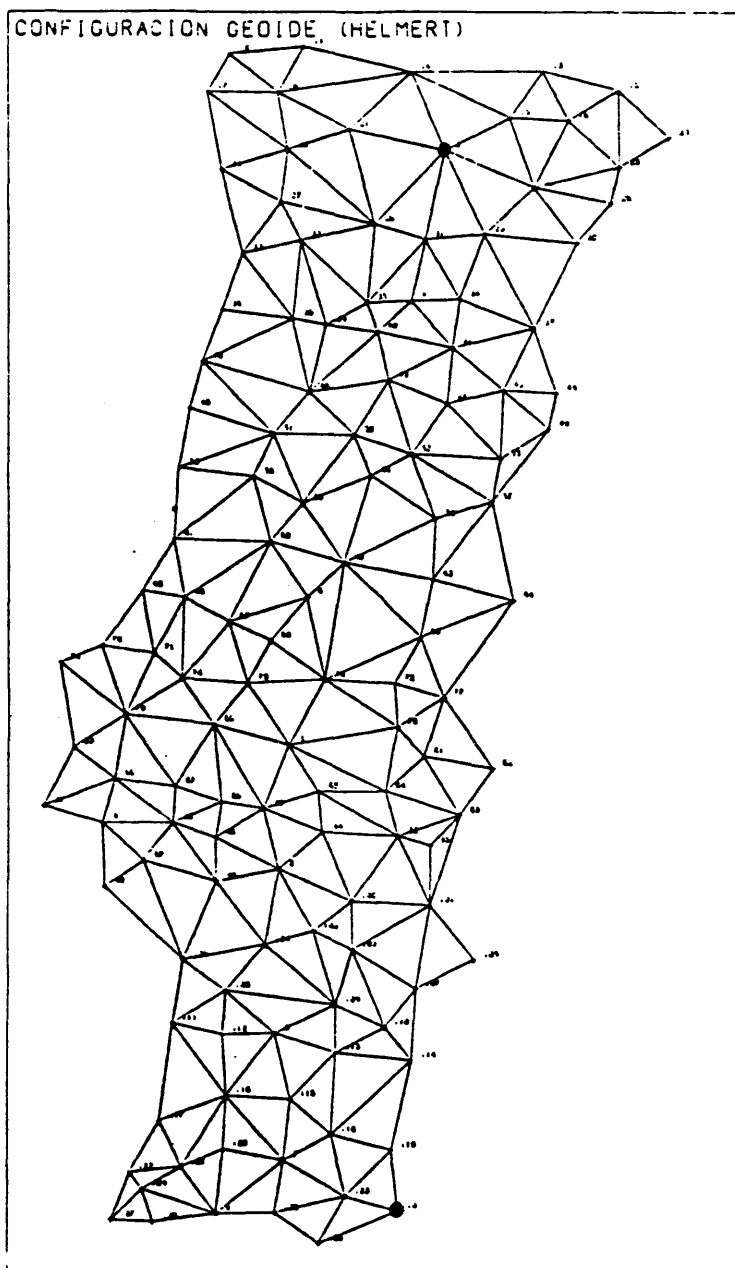


Gráfico 7.3

CONFIGURACION GEOIDE (HELMERT)



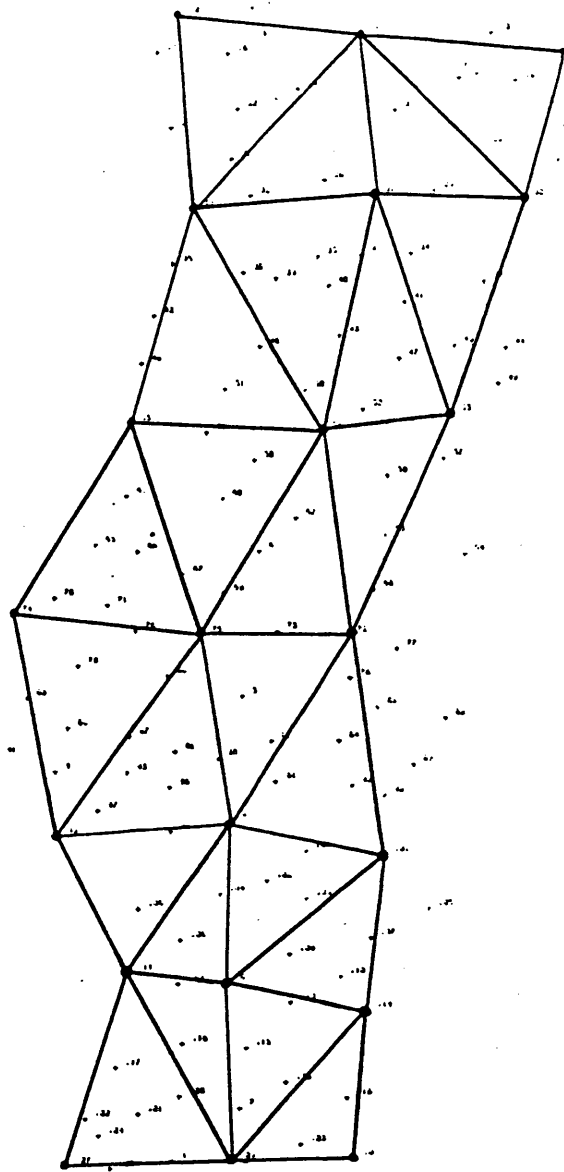
— Observaciones rechazadas. Gráfico 7.4



● Puntos Doppler.

Gráfico 7.5

PUNTOS DATOS DESVIACION DE LA VERTICAL



Proyecto Red GPS.

Gráfico 7.6

CAPITULO 8

ANALISIS DE LA RED FUNDAMENTAL DE PORTUGAL. INFLUENCIA DE LA DES- VIACION DE LA VERTICAL Y LA ONDULACION DEL GEOIDE.

8.1.- Análisis de la Red Fundamental de Portugal.

La red de primer orden de Portugal que se muestra en la figura 8.1, consta de 107 vértices, cuya relación se da en la tabla 8.1, estando las coordenadas geodésicas longitud y latitud respecto al sistema geodésico ED79, y la altitud referida al nivel medio del mar en Cascais.

Las coordenadas ED79 provienen de la compensación de la Red Fundamental Europea de triangulación, con DATUM Munich y elipsoide de Hayford como figura de referencia.

Las observaciones geodésicas pueden dividirse en:

a.- Observaciones de dirección acimutal, realizadas por el método de pares sobre una referencia externa a la vuelta, con teodolito Wild T-3, formando un conjunto de 668 observaciones independientes, cuya desviación típica a priori se puede estimar entre 0.45 y 0.50 segundos sexagesimales.

b.- Observaciones de acimut astronómico, realizadas por el método de la polar con teodolito Wild T-4, corregidas de movimiento del polo y transformadas al sistema geodésico mediante la ecuación de Laplace. Forman un conjunto de 4 observaciones perfectamente contrastadas, puesto que son recíprocos, y su error medio a priori puede estimarse en 0.40 segundos sexagesimales.

c.- Distancias observadas con Láser, corregidas a priori por refracción y reducidas a la superficie de referencia (elipsoide internacional de Hayford), formando un conjunto de 18 observaciones repartidas homogéneamente a lo largo de toda la red. Su error me-

dio a priori puede estimarse en unas 2 ppm (partes por millón).

En la tabla 8.2 se da un listado de las observaciones que han entrado en la compensación de la Red Fundamental de Portugal. La clave 0 es de las observaciones de dirección, la clave 1 de las observaciones de distancia y la clave 2 de las observaciones de acimut astronómico.

La compensación se ha realizado por el método de variación de coordenadas (Bada de Cominges, María Belén, 1985), con el programa PROGCC1, escrito en Fortran 77 por el autor de esta memoria, y desarrollado en el ordenador FACOM del I.G.N., que se describe en el capítulo 10, apartado 5.

Como punto fundamental para la compensación se ha escogido el punto DATUM de Portugal, MELRIÇA, respecto a ED79, dado por las coordenadas

$$\varphi = - 82^{\circ} 07' 45''.6682 \quad \lambda = 392^{\circ} 41' 44''.6739$$

y elipsoide de referencia el de Hayford de parámetros

$$a = 6378388.00 \text{ metros} \quad e^2 = 0.006722670022$$

Los parámetros característicos de la red son

nº de puntos fijos	=	1
nº de puntos aproximados	=	106
nº total de puntos	=	107
nº direcciones observadas	=	668
nº distancias observadas	=	18
nº acimutes observados	=	4
nº total de observaciones	=	690
nº de incógnitas de orientación	=	107
nº de incógnitas en coordenadas	=	212

nº total de incógnitas = 319
 nº de grados de libertad = 381

Con la finalidad de obtener la varianza estimada de peso
 unidad igual a 1, se han dado los siguientes pesos a priori, es-
 to es, errores medios a priori para las observaciones,

a.- Observaciones de dirección

$$s = 6''471$$

b.- Observaciones de acimut astronómico

$$s = 0''408$$

c.- Observaciones de distancia

$$s = 2.236 \text{ ppm}$$

Con estos datos se ha procedido a la compensación rigurosa
 de la red por mínimos cuadrados y variación de coordenadas, obte-
 niéndose las coordenadas compensadas de la red, dadas en la ta-
 bla 8.3, es decir,

$$\underline{\hat{x}} = \underline{x}_0 + d\underline{\hat{x}}$$

siendo \underline{x}_0 las coordenadas aproximadas y $d\underline{\hat{x}}$ dado por la estimación
 mínimos cuadrados

$$d\underline{\hat{x}} = (A^T P A)^{-1} A^T P d\underline{l}$$

con $d\underline{l} = \underline{l}_o - \underline{l}_c$ = valor observado - valor calculado de la obser-
 vación obtenido a partir de las coordenadas
 aproximadas 8.1.

El valor del vector de residuales ponderados y sin ponderar
 del ajuste dados en la tabla 8.4, y calculados a partir de las

expresiones

$$\underline{v} = A \underline{dx} - \underline{dl}$$

$$v_{p_i} = p_i v_i$$

siendo p_i el peso de la observación i -ésima.

La varianza de peso unidad del ajuste dada por

$$\hat{s}_0^2 = (\underline{v}^T P \underline{v}) / (m-n)$$

con m el número de observaciones y n el número de incógnitas del ajuste.

La desviación típica del ajuste \hat{s}_0 ha sido (tabla 8.5)

$$\hat{s}_0 = 1.0150$$

para una observación de peso unidad.

En la tabla 8.6 se dan los errores medios cuadráticos de las incógnitas en el ajuste, esto es, de la determinación de las coordenadas, calculadas a partir de la matriz de varianzas-covarianzas dada por

$$C_{xx} = \hat{s}_0^2 (A^T P A)^{-1}$$

Así como las correspondientes elipses de error de los puntos de la red, definidas por su semieje menor, mayor y la orientación del semieje mayor. En el gráfico 8.2 aparecen dibujadas con el programa ABELII, que se discute en el apartado 10.

En la tabla 8.7 se dan los errores medios a priori de las observaciones, los estimados por el ajuste, deducidos a partir de la matriz de varianzas-covarianzas de las observaciones, dada por

$$C_{11} = A (A^T P A)^{-1} A^T \hat{s}_0^2$$

También se determinan los errores medios cuadráticos de los residuos, mediante

$$C_{vv} = P^{-1} - C_{ll}, (C_{vv})_{ii} = (P^{-1} - C_{ll})_{ii}$$

siendo $()_{ii}$ el elemento i-ésimo de la matriz $()$. Los residuales tipificados se calculan por

$$v_{t_i} = v_i / s_{v_i}, \quad s_{v_i} = (C_{vv})_{ii}^{1/2}$$

Como se puede apreciar en las tablas 8.6 que se dan las elipses de error estandars (no probabilísticas en cuanto a elipses de confianza), esto es, para pasar a elipses de confianza con un nivel de probabilidad del 95%, habría que multiplicar tanto el semieje menor como el mayor, por 1.98, están comprendidos los valores de sus parámetros entre $b = 0.054$ metros, $a = 0.065$ metros, y $b = 0.249$ metros, $a = 0.558$ metros, que nos indica que localmente la red de Portugal tiene una precisión inferior a 10 centímetros, y globalmente de unos 50 centímetros. En la tabla 8.7 se dan los errores medios cuadráticos de las observaciones después del ajuste, oscilando los valores entre 0.03 metros y 0.09 metros, que reafirma la precisión local inferior a 10 centímetros de la red.

En cuanto a la detección de errores groseros se ha usado el B-test de Baarda (Capítulo 4, Apartado 3). Para un nivel de probabilidad del 99%, es decir, $\alpha = 1\%$, el número crítico de detección de errores es $w_0 = 2.58$, y las observaciones que verifican $|v_{t_i}| > w_0$ y que se pueden considerar erróneas a este nivel de confianza son:

nº observación	punto estación	punto visado	residuo tipificado
151	4018	4019	2.599
221	4028	4026	2.602
222	4029	4028	2.773
223	4029	4027	-2.775
226	4032	4092	-3.044
241	4033	4032	-3.174
375	4052	4051	2.760
520	4088	4034	3.145
533	4089	4088	2.651
655	4131	4017	-2.685

Para un nivel $\alpha = 0.1\%$, el número crítico es $w_0 = 3.29$ y ningún residual tipificado es superior a este valor. Se ha considerado aquí este valor crítico para la detección de errores groseros, y por lo tanto no se ha rechazado ninguna observación.

En cuanto al estudio de la fiabilidad de la red según la teoría de Baarda (Capítulo 4, Apartado 3), habíamos definido el parámetro QB de fiabilidad o control, por

$$QB = 1 - (C_{\hat{y}})_{ii}/Q_{ii}, \quad Q = P^{-1}$$

y los parámetros de fiabilidad interna y externa, RX y RB por

$$RX = (QB/(1 - QB))^{1/2} \nabla w$$

$$RB = (1/(1 - QB))^{1/2} \nabla w$$

En este caso se ha tomado $\nabla w = 3.44$, correspondiente a un nivel de probabilidad $\alpha = 1\%$ y $\beta = 80\%$.

Si una observación está mal controlada por la geometría de la red, $QB \rightarrow 1$, y por tanto $RX, RB \rightarrow \infty$, pudiéndose aplicar el criterio,

$QB > 0.9$: $RX, RB > 15$. La observación está mal controlada
 $0.6 < QB < 0.9$: $5 < RX, RB < 15$. La observación está controlada
 $QB < 0.6$: $RX, RB < 5$: La observación está muy bien controlada.

Según los resultados del cálculo, solamente una observación está mal controlada (tabla 8.7), es una distancia entre los puntos 4029 y 4027, y $QB = 0.921$. El resto de las observaciones están controladas o muy bien controladas, demostrándose que la red fundamental de Portugal es altamente fiable.

El parámetro SB indica el error que hay que cometer en la observación, para que a un nivel de probabilidad $\alpha = 1\%$ y una potencia del test $\beta = 80\%$, para que el test de Baarda detecte un error grosero. Según la tabla 8.7 se necesita cometer un error entre 1.7 y 3.0 segundos sexagesimales para detectar un error grosero en observaciones angulares, y de unas 10 ppm en observaciones de distancia. Salvo en la observación mal controlada, que hay que cometer un error de 27.33 ppm para que el test B de Baarda detecte un error grosero.

Por último se ha determinado la fiabilidad total de la red mediante,

$$F = \sum QB_i / m, \quad m = \text{número de observaciones}$$

resultando, $F = 0.462$, que demuestra la gran fiabilidad de la red de primer orden de Portugal.

En la tabla 8.8 se dan las elipses de error relativas de las observaciones, mostrando que la precisión local de la red es inferior a los 0.10 metros.

En cuanto al análisis estadístico de la red, a fin de contrastar la bondad del modelo de mínimos cuadrados aplicado en el ajuste, se han realizado los tests de hipótesis siguientes.

1.- Test de varianza de peso unidad.

La varianza a priori del ajuste es $s_0^2 = 1$, y la varianza estimada $\hat{s}_0^2 = 1.0302$. La hipótesis nula es $H_0: \hat{s}_0^2 = s_0^2$, siendo aceptada si el ratio $\hat{s}_0^2/s_0^2 < F_{0.95, (219, \infty)}$, indicando por F la distribución de Snedecor con (219,) grados de libertad para un nivel de significación del 5%. Puesto que $F_{0.95, (219, \infty)} = 1.12$, a un nivel del 5% se verifica la hipótesis H_0 de igualdad de varianzas.

2.- Test de distribución normal de residuales.

Para la aplicación del test χ^2 de contrastación de la hipótesis de normalidad de la distribución de los residuos tipificados, se han considerado 14 clases de longitud 0.50 del intervalo de la recta real (-3.50, 3.50). La variable

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^{14} (n_i - np_i)/np_i$$

si se verifica la hipótesis de normalidad de la distribución de residuales, sigue una distribución χ^2 con trece grados de libertad, siendo n_i el número de residuales de la clase i, p_i la probabilidad teórica de la clase i y n el número total de residuos.

Se han seleccionado 4 grupos de observaciones para la aplicación del test χ^2 .

a.- Direcciones unicamente.

En la tabla 8.10 aparece la distribución de los residuales en las clases especificadas anteriormente, siendo

$$\chi^2 = 18.21 < \chi_{0.95, 13}^2 = 26.12$$

b.- Direcciones y distancias.

En la tabla 8.11 se da la distribución de los residuos, siendo

$$\chi^2 = 15.54 < \chi_{0.95,13}^2 = 26.12$$

c.- Direcciones y acimutes.

En la tabla 8.12 se da la distribución de los residuos de este grupo, resultando

$$\chi^2 = 17.89 < \chi_{0.95,13}^2 = 26.12$$

d.- Direcciones, distancias y acimutes.

En la tabla 8.13 se da la distribución de los residuos, siendo

$$\chi^2 = 15.37 < \chi_{0.95,13}^2 = 26.12$$

Por tanto, se acepta la hipótesis de normalidad de los distintos grupos de residuos tipificados.

3.- Detección de posibles sistematismos en las observaciones.

Con el fin de detectar posibles sistematismos en los diferentes grupos de observaciones, se puede utilizar el test t de la siguiente manera, sea

$$\bar{w} = \sum w_i / n_k = \text{media de los residuales tipificados del grupo } k \text{ de residuales.}$$

$$s^2 = \sum (w_i - \bar{w})^2 / n_k (n_k - 1) = \text{la varianza de la media } \bar{w}.$$

Entonces el estadístico T definido por

$$T = \bar{w} / s$$

sigue una distribución t con $(n_k - 1)$ grados de libertad. La hipótesis a contrastar es $H_0: \bar{w} = 0$, es decir, no hay sistematismos, y bajo esta hipótesis el estadístico T sigue una distribución t_{n_k-1} . Los resultados obtenidos para los tres grupos de observaciones son.

a.- Direcciones.

$$\bar{w} = 0.000000, s = 0.039 \longrightarrow T = 0.00000 < t_{0.975, 667} = 1.96$$

b.- Distancias.

$$\bar{w} = -0.000183, s = 0.2415 \longrightarrow T = 0.00075 < t_{0.975, 18} = 2.10$$

c.- Acimutes astronómicos.

$$\bar{w} = -0.000230, s = 0.414 \longrightarrow T = 0.00055 < T_{0.975, 3} = 2.77$$

Se acepta por tanto la hipótesis H_0 , es decir, no hay sistematismos en ningún grupo de observaciones.

4.- Análisis de compatibilidad entre los pesos de los distintos grupos de observaciones.

Para este fin se puede utilizar el test de Fisher en la forma: Sea el estadístico F definido por

$$\bar{F} = \left| \frac{(\underline{v}^T \underline{Pv})_j - (\underline{v}^T \underline{Pv})_i}{(\underline{v}^T \underline{Pv})_i} \frac{f_i}{f_j - f_i} \right|$$

que sigue una distribución F de Snedecor con $(f_j - f_i, f_i)$ grados de libertad, siendo

$(\underline{v}^T \underline{Pv})_j$ = Suma de cuadrados de residuos ponderados del grupo j-ésimo de observaciones.

$(\underline{v}^T \underline{Pv})_i$ = Suma de cuadrados de residuos ponderados del grupo i-ésimo de observaciones.

f_j = grados de libertad del grupo j-ésimo de observaciones

f_i = grados de libertad del grupo i-ésimo de observaciones

Se han hecho los siguientes grupos de observaciones, direcciones - direcciones y acimutes y direcciones - direcciones y distancias.

a.- Direcciones - direcciones y acimutes.

En este caso el estadístico F toma el valor

$$F = \left| \frac{372.350 - 371.207}{371.207} \frac{381}{4} \right| \Rightarrow F = 3.43$$

y puesto que, $F_{0.975,4,381} = 5.63$, se acepta la hipótesis de compatibilidad entre los pesos de las observaciones de dirección y acimut.

b.- Direcciones - direcciones y distancias.

En este caso

$$F = \left| \frac{381.100 - 371.207}{371.201} \frac{381}{18} \right| \Rightarrow F = 1.73$$

y puesto que, $F_{0.975,18,381} = 1.92$, se acepta la hipótesis de compatibilidad entre los pesos de las observaciones de dirección y de distancia.

Estos resultados ponen en evidencia dos cosas importantes, la primera es la bondad de la red de Portugal, tanto desde el punto de vista de la precisión, como desde el de la fiabilidad. El diseño de la red es bueno y el control en distancia o en escala de gran calidad. Ahora bien, el control en orientación es pobre, aunque los acimutes que han entrado en la compensación están muy bien observados. Para un control bueno en orientación de la red de Portugal serían al menos necesarios otros diez acimutes recíprocos homogéneamente distribuidos a lo largo de la red. Así, se podrían tener precisiones globales del orden de los 30 centímetros. La segunda es la buena elección de pesos para el ajuste, la bondad del modelo mínimos cuadrados, puesto que los distintos tests utilizados así lo han demostrado y la ausencia de sistematismos en las observaciones, tanto de dirección, distancia y acimutes astronómicos. A continuación se va a discutir la influencia del campo gravitatorio terrestre en los resultados de la compen-

sación, y que es totalmente imprescindible en la actualidad la corrección tanto por desviación de la vertical de las observaciones angulares, como la reducción de las distancias observadas en la superficie terrestre a la superficie del elipsoide de referencia. Pensemos que estas precisiones globales de las redes de triangulación van a ser mucho más altas con la entrada en funcionamiento de las técnicas de satélites de interferometría de corta base, pudiéndose hablar de precisiones globales inferiores a 0.10 metros para una red como esta. Como vamos a discutir a continuación, la no consideración de la desviación de la vertical puede traer consigo sistematismos próximos a los 0.05 metros en la determinación de las coordenadas de los puntos de la red, que demuestra la gran importancia que juega a estos niveles de precisión la ~~CONSIDERACIÓN~~ consideración de esta corrección. Por otra parte la ondulación del geoide juega también un papel fundamental en la reducción correcta de las observaciones al elipsoide de referencia, necesitándose precisiones locales inferiores a 0.30 centímetros en la determinación del geoide, y globales inferiores a 1 metro, y para una aplicación correcta de las nuevas técnicas espaciales se necesitarían precisiones globales inferiores a 0.30 metros.

8.2.- Interpolación de desviaciones de la vertical y ondulaciones del geoide en la Red Fundamental de Portugal.

No en todos los vértices de la red de primer orden se han determinado las componentes de la desviación de la vertical, debido evidentemente a cuestiones de acceso a los vértices. Se ha procedido por tanto a la interpolación de las componentes de la desviación de la vertical y de la ondulación del geoide para dichos puntos.

La interpolación de las componentes de la desviación de la vertical en los puntos de la red de primer orden en donde falta esta información, se ha hecho por predicción mínimo cuadrática según se describe en el capítulo 6. La función de covarianza que describe el proceso aleatorio viene dada por

$$Q(d) = P_1 e^{-Q_1 d} + P_2 e^{-Q_2 d}$$

siendo d la distancia que separa los puntos de cálculo, Q la función de covarianza, y los coeficientes están dados por

$$P_1 = 10.4033, P_2 = 14.5647$$

$$Q_1 = -0.2250, Q_2 = -6.0000$$

En la tabla 8.11 se dan los resultados de la interpolación de las componentes de la desviación de la vertical en los puntos incógnita, que pueden resumirse en la siguiente tabla.

Nº PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	E.M.C.
4142	40º 02'	-8º 30'	-5.83	-11.57	0.65
4073	41º 22'	-6º 19'	-2.56	15.14	1.71
4028	36º 59'	-7º 52'	-8.36	0.47	0.25
4064	41º 53'	-8º 52'	-5.08	-9.73	0.74
4026	37º 06'	-7º 56'	-14.09	-7.03	0.17
4063	41º 46'	-8º 48'	-7.15	-7.81	0.15
4062	41º 44'	-8º 27'	-5.23	-8.36	0.08
4041	40º 58'	-7º 59'	-10.59	-5.98	0.07
4049	40º 52'	-8º 17'	-8.56	-9.28	0.04
4047	40º 21'	-7º 11'	-4.24	-8.07	0.13
4039	40º 33'	-8º 12'	-9.92	5.38	0.03

Nº PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	E.M.C.
4033	39º 55'	-8º 32'	-11.67	-7.93	0.41
4022	37º 42'	-7º 46'	-6.31	-0.71	0.30
4009	39º 32'	-8º 38'	-5.82	-3.99	0.16
4092	39º 35'	-7º 38'	-9.55	-3.83	0.45
4084	39º 42'	-7º 06'	-6.78	-4.15	0.42

indicando por E.M.C. el error medio cuadrático en la determinación de la desviación de la vertical, que como puede observarse, excepto para el punto 4073, en el que se está extrapolando el valor de la desviación de la vertical, los errores en la interpolación son inferiores a 1 segundo sexagesimal. Se puede asegurar por tanto que la interpolación ha sido rigurosa y los resultados aceptables.

En cuanto a la interpolación de la ondulación del geoide en estos puntos se ha utilizado el método de aproximación polinómica que se describe en el capítulo 5 de este trabajo.

Se ha ajustado un polinomio de grado 4 a los datos que se dan en la tabla 8.14, que son las componentes de la desviación de la vertical en los puntos dato y en los puntos donde se ha interpolado este valor. Se ha tomado como punto conocido en ondulación del geoide Melriça, con ondulación del geoide de -30.11 metros (véase capítulo 7).

Los resultados del ajuste, es decir, coeficientes del polinomio de interpolación, matriz de varianzas-covarianzas del ajuste y la varianza del ajuste se dan en la tabla 8.15 con un factor de proporcionalidad de 100.00.

Los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas de las

incógnitas (coeficientes del polinomio) se dan en la tabla 8.16, pudiéndose ver los problemas de configuración que presentan los ajustes polinómicos, puesto que, mientras $\lambda_{\text{máx}} = 0.29 \cdot 10^9$ se tiene que $\lambda_{\text{mín}} = 0.11 \cdot 10^{-5}$. Esto es, el condicionamiento de la matriz normal es muy malo para las aproximaciones polinómicas, dándose problemas de estabilidad numérica en la inversión de dicha matriz, para la obtención de la solución por mínimos cuadrados. Los autovalores están multiplicados por un factor de escala con valor 100., y en la tabla 8.16 se dan los valores del máximo autovalor, mínimo autovalor, traza de la matriz de varianzas-covarianzas, G-OPTIMAL (1) es la traza dividido por el número de coeficientes del polinomio a determinar, el condicionamiento de la matriz, el determinante, y G-OPTIMAL (2) es raíz enésima del producto de los autovalores, siendo n el rango de la matriz normal.

Los resultados del ajuste se dan en la tabla 8.17, en donde aparece la ondulación del geoide interpolada y su error medio cuadrático en el ajuste polinómico. Los valores obtenidos para los puntos de interés han sido

Nº PUNTO	ONDULACION	E.M.C.
	GEOIDE	
4142	-30.02	0.18
4073	-22.13	0.60
4028	-40.09	0.58
4064	-25.06	0.57
4026	-39.37	0.55
4063	-25.06	0.54

Nº PUNTO	ONDULACION GEOIDE	E.M.C.
4062	-24.00	0.50
4041	-25.49	0.36
4049	-26.41	0.33
4047	-26.26	0.33
4039	-27.37	0.26
4033	-30.54	0.18
4022	-35.62	0.47
4009	-32.16	0.20
4092	-29.34	0.20
4084	-27.08	0.32

El error medio de los valores interpolados en ondulación del geoide se mantiene en el mismo orden de precisión que la propia determinación del geoide, por tanto se puede asegurar que la interpolación, tanto de las componentes de la desviación de la vertical, como de las ondulaciones del geoide es correcta, y los modelos empleados son consistentes con los datos.

Una vez determinadas las componentes de la desviación de la vertical y las ondulaciones del geoide en todos los puntos de la red fundamental de Portugal, se va a realizar la corrección por desviación de la vertical a las direcciones y acimutes de la red de primer orden de Portugal, y el paso de las distancias, que están referidas a la superficie del elipsoide, a la superficie del geoide, con el fin de cuantificar numericamente la influencia que dichas correcciones tienen en las redes geodésicas de primer orden.

8.3.- Influencia de la desviación de la vertical y la ondulación del geode en la red de primer orden de Portugal.

Con los datos, componentes de la desviación de la vertical, bien deducidas directamente por observación o interpolados dados en la tabla 8.14, se ha procedido a la corrección de las direcciones y acimutes por desviación de la vertical, mediante la expresión (Heiskanen, Moritz, 1985),

$$\delta \alpha_{ij} = - (\xi_i \operatorname{sen} A_{ij} - \eta_i \operatorname{cos} A_{ij}) \cotg \beta_{ij}$$

para una dirección o acimut observado entre los puntos i,j, siendo:

α_{ij} = valor observado

ξ_i, η_i = componentes de la desviación de la vertical en el punto i.

A_{ij} = acimut de la línea geodésica que une los puntos i,j.

β_{ij} = distancia cenital entre los puntos i,j.

Los resultados de aplicar dicha corrección a las direcciones angulares y acimutes observados en la red de Portugal se dan en la tabla 8.18, obtenidos con el programa CORDVN, en la que aparece un listado de las observaciones corregidas por desviación de la vertical.

Con estos nuevos valores de las observaciones se ha procedido a una nueva compensación de la red de Portugal, dándose las coordenadas resultantes en la tabla 8.19.

La variación de las coordenadas debido a esta corrección es pequeña, y del orden de los 0.05 metros en los extremos de la red.

Ahora bien, esta variación según se muestra en la figura 8.3, en donde se han dibujado los desplazamientos en una serie de puntos, no es sistemática, así por ejemplo, entre los vértices 4064 y 4058 en el Norte de Portugal, hay una variación relativa de unos 0.10 metros, que es una cantidad digna de tenerse en cuenta. Por otra parte Portugal es un país de poca extensión y no excesivamente montañoso. Para España estas variaciones serían mucho más fuertes, posiblemente cercanas a medio metro. Para una red clásica estas cantidades entran dentro de los límites de error de las propias coordenadas, aunque un control por métodos espaciales (interferometría de corta y media base) pondría en evidencia estos errores debidos a la no consideración del campo terrestre en las observaciones angulares de la red.

Esto nos lleva inmediatamente a la fundamental importancia que en las redes de primer orden tiene esta corrección, aunque se efectúe únicamente a priori, y no dentro de un marco de geodesia integrada.

En cuanto al estudio de la influencia de la distancia geoide-elipsoide en la reducción de las distancias de las redes clásicas se ha realizado la siguiente simulación.

Las distancias en los cálculos anteriores estaban reducidas a la superficie del elipsoide de referencia, pasándose con el programa CORDVN al geoide, mediante la corrección,

$$d - d_0 = \delta d = N d_0 / R,$$

siendo,

d_0 = distancia sobre el elipsoide de referencia

d = distancia sobre el geoide

N = ondulación del geoide media entre los puntos de cálculo

R = radio medio terrestre.

La variación de las distancias por esta corrección se da en la tabla 8.20, y está en el orden de 3 a 5 partes por millón para Portugal.

Con las distancias descorregidas por ondulación del geoide se ha procedido a un nuevo cálculo de la red de Portugal, cuyos resultados pueden verse en la tabla 8.21, en donde se dan las variaciones sufridas por las coordenadas debido a la no reducción de las observaciones de distancia al elipsoide de referencia.

En la figura 8.4 se muestra un gráfico de dichas variaciones, en el que se puede apreciar el fuerte sistematismo producido, que llega en los extremos de la red a valores de 1.5 metros en la variación de las coordenadas.

En este caso no hay lugar a dudas sobre la importancia de una buena reducción de las observaciones de distancia efectuadas sobre la superficie de la tierra, a la superficie de referencia.

CLAVE	DESIGNACION DEL VERTICE	NUMERO DE ORDEN	LONGITUD G ° S	LATITUD G ° S	ALTITUD M	CLAVE
0 M B R E						
4029	CABECA	1	-7.29103066	37.11162310	50.52	0
4033	S.TA MARIA	2	-7.51124017	36.53332059	39.40	0
4034	SANTA TECLA	3	-7.51029677	37.03206410	330.00	0
4036	GHILIMIM	4	-7.55243560	37.06387253	318.20	0
4073	S.ROSQUE	5	-6.191233384	37.21327453	782.42	0
4072	LUZ	6	-6.18407506	41.33950619	910.85	0
4076	C.DE VIBORAS	7	-6.33378711	41.33650031	752.81	0
4071	DELLAO	8	-6.35233617	41.35022933	958.34	0
4137	ARIFANHA	9	-8.51221213	37.11023879	113.56	0
4139	PILORA	10	-8.56255141	37.11123835	248.29	0
4138	ASPA	11	-8.56255141	37.11123835	156.49	0
4140	ATALAIA	12	-8.56255141	37.11123835	108.81	0
4132	SUBAL	13	-8.56255141	37.11123835	104.60	0
4131	PALENTINHO	14	-8.56255141	37.11123835	220.14	0
4026	BOURO	15	-8.35229639	37.35076133	902.50	0
4102	A.DD CUME	16	-9.11591332	39.21184220	161.63	0
4025	S.SD PAIO	17	-7.44162539	41.53220430	637.00	0
4067	LAJEAO	19	-7.10042203	41.42535763	578.00	0
4061	CORJA	20	-7.00083891	41.43576268	1274.51	0
4066	PE'EDA	21	-6.18227485	41.58131422	1373.00	0
4063	SANTA LUZIA	22	-6.18227485	41.58131422	349.00	0
4054	S.D FELIX	23	-6.42203493	41.43551052	549.00	0
4055	SAMEIRO	24	-6.42203493	41.35042863	202.00	0
4075	BORRIES	25	-7.30026006	41.42606782	1198.88	0
4070	MUNQUEIRA	26	-6.51312023	41.43067823	1319.64	0
4074	LAGOA	27	-6.56263733	41.43231231	894.28	0
4038	LARUCCO	28	-7.27299148	41.43231231	128.26	0
4082	MURAL	29	-8.03211205	41.43231231	1721.00	0
4083	CABEIRA	30	-8.03211205	41.32464336	1262.00	0
4050	PALENTIO	31	-6.35094007	41.04329255	235.70	0
4051	CITANIA	32	-6.23505119	41.03303063	579.00	0
4051	LUZIAN	33	-8.15936455	41.10074931	555.50	0
4081	VILAR FORMOSO	34	-6.51167535	40.33202960	817.53	0
4046	JARNELO	35	-7.07326261	40.33267111	943.26	0
4078	FONTE LONGA	36	-7.15306105	41.14093767	882.91	0
4057	PADELA	37	-7.30263702	41.33482910	1148.00	0
4045	MARFOA	38	-6.59257787	40.51551634	977.58	0
4032	MARAO	39	-7.53086602	41.15386132	1414.90	0
4043	PISCO	40	-7.25225927	40.46172144	986.00	0
4104	PENICHE	41	-9.24237105	39.24262021	32.29	0
4103	ROMA	42	-9.18322671	39.00430394	215.72	0
4003	MONTE	43	-9.27242911	38.43214348	493.00	0
4129	SESTIMBA	44	-9.06200633	38.27166516	240.88	0
4127	SESTIMBA	45	-7.26376777	37.47650216	252.24	0
4124	MENTEIRAS	46	-7.59114704	38.13470208	284.04	0
4041	MONTEIRO	47	-6.16466171	40.53505826	1382.00	0
4042	S.DEDRO VELHO	48	-7.359177818	40.53505106	1089.00	0
4042	SEDMIL	50	-7.359177818	40.53505106	1008.00	0

Tabla 8.1

T A B L A D E V E R T I C E S		H O J A 2			
DESIGNACION DEL VERTICE	NUMERO DE ORDEN	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	ALTITUD M	CLAVE
O N S R E					
CABECA ALTA	4044	-7.25263707	40.32058018	1287.10	0
AVEIRO	4048	-8.44478650	40.28386539	59.20	0
S. CORNELIO	4047	-7.10463755	40.21094033	1010.33	0
SRA. DO CASTELO	4040	-7.44320145	40.26498429	659.00	0
BUACU	4037	-8.21124060	40.21471312	561.30	0
S. MIGUEL MIDRES	4038	-7.46162505	40.23134441	395.40	0
CARANILLO	4039	-8.12028948	40.22460033	1075.40	0
GARDUNHA	4035	-7.31256233	40.04460014	1226.45	0
S. PEDRO AIDR	4087	-7.49004718	40.13006006	1342.38	0
ESTRELA	4086	-7.36420990	40.19232276	1982.77	0
MTE. REDONDO	4099	-8.20301961	39.33599537	89.82	0
CANDEIROS	4208	-8.95025205	39.26192175	488.00	0
RIJARC'S	4035	-8.31101123	39.11486879	206.20	0
MINTEJUNTO	4006	-8.02305873	39.10186674	666.80	0
SERVES	4002	-8.05234235	38.53433318	351.80	0
SICO	4033	-8.72153995	39.35160374	152.80	0
L'UZA	4034	-8.10202072	40.02459246	1084.00	0
CABEÇA RAIPHA	4088	-7.35460132	39.22189709	1593.72	0
CU	4023	-8.43039446	37.47444420	341.40	0
CERCAL	4020	-8.26040253	37.03094603	117.00	0
BARROS	4132	-8.23047115	37.36385671	394.50	0
VIGIA	4021	-7.16250509	37.57637748	521.69	0
FICALMPE	4126	-7.35232349	37.55314670	278.88	0
QUADRUPE	4128	-7.45375238	37.42058582	372.30	0
ALVIA GORDA	4022	-7.26417700	38.05435373	275.54	0
ALJUSTREL	4125	-8.09590496	37.22281555	247.70	0
BEJA	4019	-8.09590496	37.02069103	284.10	0
S. VICENTE	4130	-8.00143095	38.19242896	374.25	0
ATALIA GRANDOLA	4017	-8.38398780	38.10137776	326.70	0
CARRASCATIS	4131	-8.14009347	38.14493250	104.78	0
SERRINHA	4116	-8.31189975	38.29353887	185.65	0
PALMELA	4004	-8.33366356	38.34027422	274.30	0
MENDRO	4018	-7.46376245	38.14509033	412.50	0
ESPINHEIRA	4122	-7.47588872	38.26583248	269.94	0
MONFURADO	4016	-8.11196541	38.34135314	425.20	0
CRUZ DE HOROUÇOS	4141	-8.26397863	40.10543621	210.10	0
RABACAL	4123	-8.29371601	40.01759023	531.50	0
MONSARAZ	4123	-7.22494888	38.26370490	542.74	0
ALMEIRIM	4007	-8.35075719	39.08263514	177.70	0
S. TORCATO	4005	-8.31042367	39.50302970	182.20	0
FIGUEIRAS	4108	-8.44091116	39.52118860	478.28	0
AIRE	4009	-8.40139744	39.52118860	478.90	0
ARRAILOS	4119	-7.37466682	39.43170467	399.60	0
MELRIKADO	4032	-8.37175240	39.11253475	555.20	1
ALTER PEDROSO	4013	-7.37175240	38.1253475	412.83	0
OSSETIM	4019	-7.39104053	38.55033123	463.00	0
OSSETIM	4010	-7.36379334	38.44266786	652.61	0
MST. ARGIL	4011	-8.11099196	39.04429325	236.50	0
VALE DE AGUA	4010	-8.30267139	39.22058728	294.20	0

Tabla 8.1

DESIGNACION DEL VERTICE O M B R E	NÚMERO	NÚMERO DE ORDEN	LONGITUD G ° ' S	LATITUD G ° ' S	ALTITUD M	HOJA 3
S. MIGUEL NIZA	4092	101	-7.37°39'17"	99.34°37'36"	462.52	0
REGO	4015	102	-7.12°27'50"	98.50°28'17"	484.07	0
CONDIDA	4014	103	-7.06°25'08"	99.01°56'47"	538.59	0
S. MAHEDÉ	4012	104	-7.21°33'46"	99.18°50'13"	1027.20	0
S. MARTINHO	4089	105	-7.27°48'02"	99.18°11'37"	435.39	0
CABEÇO ALTO	4090	106	-7.02°19'03"	99.40°55'54"	403.21	0
MONSANTO	4084	107	-7.06°49'20"	94.02°19'70"	762.64	0

Tabla 8.1

NUMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	P E S O			CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
				A	P	R		
1	4001	4004	0.0	4	500000	2	0	0
2	4001	4004	26065.8273000	294	388140	3	1	1
3	4001	4114	46.1512520	4	500000	2	0	0
4	4001	4003	151.2006230	4	500000	2	0	0
5	4001	4002	241.2815630	4	500000	2	0	0
6	4001	4003	306.0913410	4	500000	2	0	0
7	4002	4004	0.0	4	500000	2	0	0
8	4002	4001	34.5402150	4	500000	2	0	0
9	4002	4003	91.0115980	4	500000	2	0	0
10	4002	4103	148.2755190	4	500000	2	0	0
11	4002	4006	211.1757400	4	500000	2	0	0
12	4002	4007	262.1013080	4	500000	2	0	0
13	4002	4003	301.1254220	4	500000	2	0	0
14	4003	4002	8.5855630	4	500000	2	0	0
15	4003	4001	46.4330620	4	500000	2	0	0
16	4003	4004	58.4126730	4	500000	2	0	0
17	4003	4116	83.2255100	4	500000	2	0	0
18	4003	4104	305.1643390	4	500000	2	0	0
19	4003	4103	324.5921280	4	500000	2	0	0
20	4003	4026	340.0851560	4	500000	2	0	0
21	4004	4003	0.0	4	500000	2	0	0
22	4004	4016	42.0932800	4	500000	2	0	0
23	4004	4118	56.3843210	4	500000	2	0	0
24	4004	4017	105.4843500	4	500000	2	0	0
25	4004	4116	187.4852180	4	500000	2	0	0
26	4004	4003	249.2752180	4	500000	2	0	0
27	4004	4001	284.1542310	4	500000	2	0	0
28	4004	4012	284.1544310	4	500000	2	0	0
29	4005	4011	0.0	4	500000	2	0	0
30	4005	4119	57.4910980	4	500000	2	0	0
31	4005	4016	88.2333850	4	500000	2	0	0
32	4005	4118	133.0344150	4	500000	2	0	0
33	4005	4004	180.0455460	4	500000	2	0	0
34	4005	4001	207.5627900	4	500000	2	0	0
35	4005	4002	229.3338380	4	500000	2	0	0
36	4005	4006	261.3300930	4	500000	2	0	0
37	4005	4007	302.3808000	4	500000	2	0	0
38	4006	4002	0.0	4	500000	2	0	0
39	4006	4003	30.3520570	4	500000	2	0	0
40	4006	4103	42.4011890	4	500000	2	0	0
41	4006	4104	117.1028810	4	500000	2	0	0
42	4006	4102	150.2159310	4	500000	2	0	0
43	4006	4008	194.0651090	4	500000	2	0	0
44	4006	4009	214.3100550	4	500000	2	0	0
45	4006	4007	268.0119200	4	500000	2	0	0
46	4006	4003	301.5413910	4	500000	2	0	0
47	4007	4003	0.0	4	500000	2	0	0
48	4007	4006	61.5253500	4	500000	2	0	0
49	4007	4008	103.0157800	4	500000	2	0	0
50	4007	4008	148.5548000	4	500000	2	0	0

Tabla 8.2

NÚMERO DE CORREN	PUNTO DE ESTACIÓN	FECHA	RESERVA (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALDQUE	CLAVE DE OBSERVACION
1	4007	4309	184.1924490	4.500000	2	0
2	4007	4308	224.0349130	4.500000	2	0
3	4007	4311	231.3552070	4.500000	2	0
4	4008	4309	46.2018930	4.500000	2	0
5	4008	4307	119.2513090	4.500000	2	0
6	4008	4306	131.385920	4.500000	2	0
7	4008	4104	239.2308820	4.500000	2	0
8	4008	4102	255.0323890	4.500000	2	0
9	4008	4399	347.5837430	4.500000	2	0
10	4009	4332	0.0	4.500000	2	0
11	4009	4104	71.4405500	4.500000	2	0
12	4009	4311	74.4803030	4.500000	2	0
13	4009	4307	106.3449690	4.500000	2	0
14	4009	4306	153.4710320	4.500000	2	0
15	4009	4308	178.0422600	4.500000	2	0
16	4009	4399	268.1159590	4.500000	2	0
17	4009	4335	278.0308390	4.500000	2	0
18	4009	4333	302.1102840	4.500000	2	0
19	4009	4334	324.3447750	4.500000	2	0
20	4010	4332	0.0	4.500000	2	0
21	4010	4332	377.71513000	140.180000	2	1
22	4010	4302	170.5217320	4.500000	2	0
23	4010	4302	114.5227330	4.500000	2	0
24	4010	4110	137.029970	4.500000	2	0
25	4010	4011	234.0201480	4.500000	2	0
26	4010	4011	240.1351500	4.500000	2	0
27	4010	4309	305.0340700	4.500000	2	0
28	4011	4308	0.0	4.500000	2	0
29	4011	4332	36.3906880	4.500000	2	0
30	4011	4332	4.0340480	6.000000	4	2
31	4011	4302	59.4846230	4.500000	2	0
32	4011	4010	35570.0860000	138.073900	2	1
33	4011	4012	104.1016370	4.500000	2	0
34	4011	4110	110.0849600	4.500000	2	0
35	4011	4013	155.3432740	4.500000	2	0
36	4011	4120	160.0143320	4.500000	2	0
37	4011	4119	190.3917020	4.500000	2	0
38	4011	4016	214.4942700	4.500000	2	0
39	4011	4005	262.1533260	4.500000	2	0
40	4011	4007	316.2953410	4.500000	2	0
41	4011	4099	357.2645630	4.500000	2	0
42	4012	4092	0.0	4.500000	2	0
43	4012	4089	29.1645194	4.500000	2	0
44	4012	4384	53.1047320	4.500000	2	0
45	4012	4090	189.360320	4.500000	2	0
46	4012	4014	184.5311333	4.500000	2	0
47	4012	4014	204.5824512	4.500000	2	0
48	4012	4120	235.2814333	4.500000	2	0
49	4012	4013	248.3215630	4.500000	2	0
50	4012	4012	277.1229630	4.500000	2	0

LONGITUD ASTR. = -6.11178650

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION	HOJA 3
101	4012	4011	288.3651210	4.500000	2	0	
102	4012	4010	314.4553730	4.500000	2	0	
103	4012	4032	341.1912420	4.500000	2	0	
104	4013	4110	0.0	4.500000	2	0	
105	4013	4012	24.4353470	4.500000	2	0	
106	4013	4014	69.4015780	4.500000	2	0	
107	4013	4015	98.3828250	4.500000	2	0	
108	4013	4120	157.3801710	4.500000	2	0	
109	4013	4119	228.5309350	4.500000	2	0	
110	4013	4011	286.1238780	4.500000	2	0	
111	4013	4010	323.1844600	4.500000	2	0	
112	4014	4015	0.0	4.500000	2	0	
113	4014	4014	43.1815940	4.500000	2	0	
114	4014	4012	113.1953812	4.500000	2	0	
115	4015	4014	0.0	4.500000	2	0	
116	4015	4123	161.355372	4.500000	2	0	
117	4015	4120	216.503221	4.500000	2	0	
118	4015	4110	252.1725670	4.500000	2	0	
119	4015	4110	582.1822249	4.500000	2	0	
120	4015	4012	215.0	4.500000	2	0	
121	4016	4119	24.5002620	4.500000	2	0	
122	4016	4119	24.5002620	4.500000	2	0	
123	4016	4122	24.7132173000	327.469140	3	1	
124	4016	4122	66.1162270	4.500000	2	0	
125	4016	4016	89.5506330	4.500000	2	0	
126	4016	4130	104.1236690	4.500000	2	0	
127	4016	4131	140.5837680	4.500000	2	0	
128	4016	4017	176.4613450	4.500000	2	0	
129	4016	4116	238.2340180	4.500000	2	0	
130	4016	4004	224.3911380	4.500000	2	0	
131	4016	4005	271.1841670	4.500000	2	0	
132	4016	4011	314.5841080	4.500000	2	0	
133	4017	4132	0.0	4.500000	2	0	
134	4017	4021	34.1314640	4.500000	2	0	
135	4017	4020	63.2846100	4.500000	2	0	
136	4017	4116	182.4703940	4.500000	2	0	
137	4017	4004	207.5707180	4.500000	2	0	
138	4017	4118	251.1639480	4.500000	2	0	
139	4017	4016	276.2505030	4.500000	2	0	
140	4017	4131	311.1456040	4.500000	2	0	
141	4018	4016	0.0	4.500000	2	0	
142	4018	4122	40.4657880	4.500000	2	0	
143	4018	4120	82.1051480	4.500000	2	0	
144	4018	4123	102.4051580	4.500000	2	0	
145	4018	4134	132.2512120	4.500000	2	0	
146	4018	4134	144.0431590	4.500000	2	0	
147	4018	4132	169.5427210	4.500000	2	0	
148	4018	4124	199.0312840	4.500000	2	0	
149	4018	4022	222.4232250	4.500000	2	0	
150	4018	4129	240.2023370	4.500000	2	0	

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION	HOJA
151	4014	4019	264.2633230	4.500000	2	0	0
152	4014	4130	398.0958370	4.500000	2	0	0
153	4019	4021	0.0	4.500000	2	0	0
154	4019	4020	45.4402710	4.500000	2	0	0
155	4019	4132	95.3521080	4.500000	2	0	0
156	4019	4131	136.3338670	4.500000	2	0	0
157	4019	4131	40861.7920000	119.783000	3	1	1
158	4019	4130	183.0154760	4.500000	2	0	0
159	4019	4018	186.2851120	4.500000	2	0	0
160	4019	4129	207.0954370	4.500000	2	0	0
161	4019	4022	266.0404020	4.500000	2	0	0
162	4019	4023	319.0437880	4.500000	2	0	0
163	4019	4023	172.1414330	6.000000	4	2	2
164	4020	4132	0.0	4.500000	2	0	0
165	4020	4019	37.3132040	4.500000	2	0	0
166	4020	4021	83.0322720	4.500000	2	0	0
167	4020	4024	127.2801840	4.500000	2	0	0
168	4020	4136	339.3902840	4.500000	2	0	0
169	4020	4017	32.4336470	4.500000	2	0	0
170	4021	4023	74.1902870	4.500000	2	0	0
171	4021	4024	112.3205000	4.500000	2	0	0
172	4021	4026	149.1936180	4.500000	2	0	0
173	4021	4026	204.462180	4.500000	2	0	0
174	4021	4132	219.2605820	4.500000	2	0	0
175	4021	4019	218.0345730	4.500000	2	0	0
176	4021	4022	303.0539130	4.500000	2	0	0
177	4022	4023	0.0	4.500000	2	0	0
178	4022	4023	46181.3910000	93.776920	3	1	1
179	4022	4021	42.4500240	4.500000	2	0	0
180	4022	4019	81.4714310	4.500000	2	0	0
181	4022	4129	127.4538740	4.500000	2	0	0
182	4022	4018	140.2804800	4.500000	2	0	0
183	4022	4128	172.2613140	4.500000	2	0	0
184	4022	4128	197.1606480	4.500000	2	0	0
185	4022	4126	211.1812220	4.500000	2	0	0
186	4022	4127	320.0222490	4.500000	2	0	0
187	4022	4027	0.0	4.500000	2	0	0
188	4023	4021	37.0828350	4.500000	2	0	0
189	4023	4019	332.1727640	6.000000	4	2	2
190	4023	4022	82.2042780	4.500000	2	0	0
191	4023	4027	159.4503800	4.500000	2	0	0
192	4023	4026	201.1217140	4.500000	2	0	0
193	4023	4026	307.3034390	4.500000	2	0	0
194	4023	4021	0.0	4.500000	2	0	0
195	4024	4021	33.0444300	4.500000	2	0	0
196	4024	4025	108.2725330	4.500000	2	0	0
197	4024	4025	174.0711120	4.500000	2	0	0
198	4024	4140	201.5803450	4.500000	2	0	0
199	4024	4138					
200	4024	4138					

LONGITUD ASTR. = -8.10066500

LONGITUD ASTR. = -8.04901000

Tabla 8.2

T A B L A		D E O S S E R V A C I O N E S										H O J A 5	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO		CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION						
				A PRIORI	A POSTERIORI								
201	4024	4139	207.384420	4.500000		2	0						
202	4024	4137	322.153150	4.500000		2	0						
203	4024	4136	302.171170	4.500000		2	0						
204	4024	4020	319.250130	4.500000		2	0						
205	4023	4032	0.0	4.500000		2	0						
206	4023	4032	48.2812060	4.500000		2	0						
207	4023	4140	211.5941520	4.500000		2	0						
208	4023	4024	270.352790	4.500000		2	0						
209	4026	4023	0.0	4.500000		2	0						
210	4026	4027	70.5912170	4.500000		2	0						
211	4026	4028	180.0313220	4.500000		2	0						
212	4026	4025	299.264920	4.500000		2	0						
213	4027	4022	19.1134280	4.500000		2	0						
214	4027	4029	126.1142380	4.500000		2	0						
215	4027	4028	221.0137310	4.500000		2	0						
216	4027	4026	248.0134120	4.500000		2	0						
217	4027	4023	315.3509970	4.500000		2	0						
218	4027	4025	33389.4930000	179.395000		3	1						
219	4028	4027	0.0	4.500000		2	0						
220	4028	4029	34.2224590	4.500000		2	0						
221	4028	4026	316.3558740	4.500000		2	0						
222	4029	4028	211.3313870	4.500000		2	0						
223	4029	4027	262.2059020	4.500000		2	0						
224	4029	4027	23213.7600000	371.141080		3	1						
225	4032	4088	0.0	4.500000		2	0						
226	4032	4092	61.1549910	4.500000		2	0						
227	4032	4012	76.3749590	4.500000		2	0						
228	4032	4010	113.3205050	4.500000		2	0						
229	4032	4011	138.2828870	4.500000		2	0						
230	4032	4011	184.0594870	8.000000		4	2						
231	4032	4108	169.1137660	4.500000		2	0						
232	4032	4009	200.014110	4.500000		2	0						
233	4032	4032	308.5454700	4.500000		2	0						
234	4033	4039	34.4015940	4.500000		2	0						
235	4033	4099	106.4911120	4.500000		2	0						
236	4033	4033	162.3008230	4.500000		2	0						
237	4033	4142	219.0538262	4.500000		2	0						
238	4033	4142	221.2658140	4.500000		2	0						
239	4033	4034	262.0918020	4.500000		2	0						
240	4033	4032	329.0637350	4.500000		2	0						
241	4034	4039	0.0	4.500000		2	0						
242	4034	4038	33.5730070	4.500000		2	0						
243	4034	4038	35715.5020000	133.433440		3	1						
244	4034	4086	63.5140840	4.500000		2	0						
245	4034	4087	67.3751130	4.500000		2	0						
246	4034	4087	143.0740510	4.500000		2	0						
247	4034	4088	176.4328310	4.500000		2	0						
248	4034	4032	214.4938950	4.500000		2	0						
249	4034	4009	240.5500110	4.500000		2	0						
250	4034	4033											

LONGITUD ASTR. = -6.07533100

Tabla 8.2

ORDEN DE HOY	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
251	4034	4142	258.4702759	4.500000	2	0
252	4034	4035	283.5739400	4.500000	2	0
253	4034	4141	295.4801817	4.500000	2	0
254	4034	4037	335.5616760	4.500000	2	0
255	4035	4037	4.0253630	4.500000	2	0
256	4035	4141	30.2125432	4.500000	2	0
257	4035	4034	39.0236840	4.500000	2	0
258	4035	4033	76.2011940	4.500000	2	0
259	4035	4142	55.5433911	4.500000	2	0
260	4035	4009	103.2307640	4.500000	2	0
261	4035	4035	119.0522840	4.500000	2	0
262	4035	4048	307.3707840	4.500000	2	0
263	4037	4035	351.1800440	4.500000	2	0
264	4037	4037	107.4138480	4.500000	2	0
265	4037	4033	104.2709731	4.500000	2	0
266	4037	4142	111.5901503	4.500000	2	0
267	4037	4141	156.2620610	4.500000	2	0
268	4037	4035	233.0033710	4.500000	2	0
269	4037	4049	276.0037400	4.500000	2	0
270	4037	4037	301.5306630	4.500000	2	0
271	4037	4039	331.1916130	4.500000	2	0
272	4037	4040	355.1916120	4.500000	2	0
273	4037	4038	36.4041420	4.500000	2	0
274	4038	4040	30152.6460000	219.977940	3	1
275	4038	4040	107.3845080	4.500000	2	0
276	4038	4086	154.4619560	4.500000	2	0
277	4038	4087	215.1824530	4.500000	2	0
278	4038	4034	269.1131760	4.500000	2	0
279	4038	4037	312.1518580	4.500000	2	0
280	4038	4039	14.5029830	4.500000	2	0
281	4039	4042	48.4834600	4.500000	2	0
282	4039	4040	83.5658750	4.500000	2	0
283	4039	4086	98.1507770	4.500000	2	0
284	4039	4034	147.2048300	4.500000	2	0
285	4039	4034	181.4532190	4.500000	2	0
286	4039	4035	204.3357590	4.500000	2	0
287	4039	4048	256.3928440	4.500000	2	0
288	4039	4049	326.2313400	4.500000	2	0
289	4039	4041	350.2237210	4.500000	2	0
290	4040	4041	0.0	4.500000	2	0
291	4040	4041	50.5832480	4.500000	2	0
292	4040	4086	104.0511400	4.500000	2	0
293	4040	4038	156.2944630	4.500000	2	0
294	4040	4037	183.0037830	4.500000	2	0
295	4040	4039	202.3751570	4.500000	2	0
296	4040	4041	275.5703640	4.500000	2	0
297	4040	4042	313.5917330	4.500000	2	0
298	4040	4042	38791.5120000	132.909680	3	1
299	4041	4041	0.0	4.500000	2	0
300	4041	4051		4.500000	2	0

Tabla 8.2

T A B L A D E J B S E R V A C I O N E S						H O J A 7
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
301	4041	4352	62.3150850	4.500000	2	0
302	4041	4042	151.0653610	4.500000	2	0
303	4041	4040	199.4602970	4.500000	2	0
304	4041	4039	248.0030300	4.500000	2	0
305	4041	4049	283.1030560	4.500000	2	0
306	4042	4044	16.0019960	4.500000	2	0
307	4042	4040	49.4131110	4.500000	2	0
308	4042	4039	84.2203760	4.500000	2	0
309	4042	4041	133.0009850	4.500000	2	0
310	4042	4052	187.934210	4.500000	2	0
311	4042	4057	228.2911330	4.500000	2	0
312	4042	4057	68.3737320	4.500000	2	1
313	4042	4054	265.3754330	4.500000	2	0
314	4042	4053	318.6654240	4.500000	2	0
315	4042	4053	355.0555100	4.500000	2	0
316	4043	4046	23.5704330	4.500000	2	0
317	4043	4044	75.1957220	4.500000	2	0
318	4043	4043	132.1643240	4.500000	2	0
319	4043	4040	32166.8390000	193.291700	3	1
320	4043	4042	211.4029030	4.500000	2	0
321	4043	4045	329.0302740	4.500000	2	0
322	4044	4043	0.0	4.500000	2	0
323	4044	4045	44.3733350	4.500000	2	0
324	4044	4046	75.1547610	4.500000	2	0
325	4044	4047	134.0247620	4.500000	2	0
326	4044	4046	213.3619560	4.500000	2	0
327	4044	4040	287.3518150	4.500000	2	0
328	4044	4042	337.1633310	4.500000	2	0
329	4045	4046	0.0	4.500000	2	0
330	4045	4045	25.1924090	4.500000	2	0
331	4045	4043	52.4056190	4.500000	2	0
332	4045	4042	37945.3580000	136.901880	3	1
333	4045	4042	78.5924570	4.500000	2	0
334	4045	4078	129.3250930	4.500000	2	0
335	4045	4074	183.2439880	4.500000	2	0
336	4045	4081	316.4443720	4.500000	2	0
337	4046	4045	21.2513220	4.500000	2	0
338	4046	4081	86.1925340	4.500000	2	0
339	4046	4047	188.4252780	4.500000	2	0
340	4046	4044	255.3848242	4.500000	2	0
341	4046	4043	309.0009762	4.500000	2	0
342	4047	4044	0.0	4.500000	2	0
343	4047	4046	54.1706140	4.500000	2	0
344	4047	4081	89.5615630	4.500000	2	0
345	4047	4084	269.3814030	4.500000	2	0
346	4047	4086	310.3639230	4.500000	2	0
347	4048	4039	23.3547750	4.500000	2	0
348	4048	4037	53.4919750	4.500000	2	0
349	4048	4035	111.0924710	4.500000	2	0
350	4048	4035	295.2847850	4.500000	2	0

Tabla 8.2

ORDEN DE CORRELACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A ESTACION	CLAVE DE PLUMBO	CLAVE DE OBSERVACION
331	4048	4049	337.293800	4.500000	2	0
332	4049	4051	0.0	4.500000	2	0
333	4049	4052	33.5820420	4.500000	2	0
334	4049	4041	63.2210600	4.500000	2	0
335	4049	4039	167.0318600	4.500000	2	0
336	4049	4037	183.4308360	4.500000	2	0
337	4049	4048	339.2346260	4.500000	2	0
338	4049	4030	312.2318490	4.500000	2	0
339	4049	4033	347.4417620	4.500000	2	0
340	4050	4031	88.5101310	4.500000	2	0
341	4050	4049	167.3826920	4.500000	2	0
342	4050	4048	207.2513600	4.500000	2	0
343	4050	4054	356.1536150	4.500000	2	0
344	4051	4053	0.0	4.500000	2	0
345	4051	4052	104.3357100	4.500000	2	0
346	4051	4041	163.2120920	4.500000	2	0
347	4051	4049	213.0944240	4.500000	2	0
348	4051	4050	287.0014820	4.500000	2	0
349	4052	4057	31.4818630	4.500000	2	0
350	4052	4075	81.4650750	4.500000	2	0
351	4052	4042	139.2733980	4.500000	2	0
352	4041	4041	185.5303790	4.500000	2	0
353	4052	4049	209.0401940	4.500000	2	0
354	4052	4051	244.3356340	4.500000	2	0
355	4052	4053	271.4938790	4.500000	2	0
356	4052	4056	333.3732060	4.500000	2	0
357	4053	4055	0.0	4.500000	2	0
358	4053	4056	35.5403090	4.500000	2	0
359	4053	4052	97.5335690	4.500000	2	0
360	4053	4051	146.0421180	4.500000	2	0
361	4053	4049	166.2513720	4.500000	2	0
362	4053	4050	211.5337460	4.500000	2	0
363	4053	4050	267.5333660	4.500000	2	0
364	4053	4063	321.0326050	4.500000	2	0
365	4053	4062	349.0012080	4.500000	2	0
366	4054	4062	0.0	4.500000	2	0
367	4054	4055	34.2713350	4.500000	2	0
368	4054	4053	60.5329450	4.500000	2	0
369	4054	4050	130.2407580	4.500000	2	0
370	4054	4063	314.5331610	4.500000	2	0
371	4055	4062	0.0	4.500000	2	0
372	4055	4056	88.0327760	4.500000	2	0
373	4055	4053	203.0318730	4.500000	2	0
374	4055	4054	267.3337860	4.500000	2	0
375	4056	4058	0.0000051	4.500000	2	0
376	4056	4057	55.5318945	4.500000	2	0
377	4056	4052	118.1514135	4.500000	2	0
378	4056	4053	174.2732027	4.500000	2	0
379	4056	4055	203.3139550	4.500000	2	0
400	4056	4055			2	

Tabla 8.2

T A B L A	NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	D E	U B S E R V A C I O N E S	PESO A PRIORI	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	CLAVE DE BLOQUE	HOJA 9
401	4036	4062		241.1543295	4.500000		2	0
402	4036	4066		286.1347112	4.500000		2	0
403	4037	4060		0.46.00285	4.500000		2	0
404	4037	4070		15.3900413	4.500000		2	0
405	4037	4072		89.3817311	4.500000		2	0
406	4037	4074		130.1209442	4.500000		2	0
407	4037	4052		162.0314608	4.500000		2	0
408	4037	4056		221.3044910	4.500000		2	0
409	4037	4058		274.3004739	4.500000		2	0
410	4037	4061		347.3916435	4.500000		2	0
411	4038	4037		58.1247590	4.500000		2	0
412	4038	4036		129.0012210	4.500000		2	0
413	4038	4066		183.2859700	4.500000		2	0
414	4038	4061		349.3619410	4.500000		2	0
415	4060	4037		0.0	4.500000		2	0
416	4060	4061		151.4450100	4.500000		2	0
417	4061	4058		11.3003480	4.500000		2	0
418	4061	4071		206.4613390	4.500000		2	0
419	4061	4070		255.3549490	4.500000		2	0
420	4061	4060		316.4112500	4.500000		2	0
421	4061	4057		352.3539010	4.500000		2	0
422	4061	4057		0.0	4.500000		2	0
423	4062	4065		69.3150380	4.500000		2	0
424	4062	4066		150.3335510	4.500000		2	0
425	4062	4032		182.3526110	4.500000		2	0
426	4062	4033		204.8607490	4.500000		2	0
427	4062	4033		217.4107490	4.500000		2	0
428	4062	4034		217.4136400	4.500000		2	0
429	4062	4063		322.1336420	4.500000		2	0
430	4062	4063		0.0000688	4.500000		2	0
431	4063	4062		73.4137109	4.500000		2	0
432	4063	4053		120.2254233	4.500000		2	0
433	4063	4054		144.2110633	4.500000		2	0
434	4063	4054		316.0127110	4.500000		2	0
435	4064	4063		0.0000282	4.500000		2	0
436	4064	4063		84.3521778	4.500000		2	0
437	4064	4063		359.59595915	4.500000		2	0
438	4065	4062		68.3202028	4.500000		2	0
439	4065	4064		119.3807033	4.500000		2	0
440	4065	4066		305.4712423	4.500000		2	0
441	4065	4038		36.0903359	4.500000		2	0
442	4066	4062		83.3407722	4.500000		2	0
443	4066	4062		140.1417218	4.500000		2	0
444	4066	4065		196.0941111	4.500000		2	0
445	4070	4076		359.5959595	4.500000		2	0
446	4070	4075		71.4106959	4.500000		2	0
447	4070	4078		82.0614954	4.500000		2	0
448	4070	4057		122.3714456	4.500000		2	0
449	4070	4061		200.3043717	4.500000		2	0

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
431	4070	4061	25154.2620000	316.087140	3	1
432	4070	4071	285.5553546	4.500000	2	0
433	4070	4072	327.0602027	4.500000	2	0
434	4071	4061	0.0000449	4.500000	2	0
435	4071	4072	209.0213509	4.500000	2	0
436	4071	4076	254.3903947	4.500000	2	0
437	4071	4070	314.1432256	4.500000	2	0
438	4072	4076	359.5959945	4.500000	2	0
439	4072	4070	42.0145343	4.500000	2	0
440	4072	4071	75.5913116	4.500000	2	0
441	4073	4075	306.2133486	4.500000	2	0
442	4073	4076	4.0000477	4.500000	2	0
443	4073	4072	4.0000473	4.500000	2	0
444	4073	4074	292.2118210	4.500000	2	0
445	4073	4074	40385.7196000	124.433180	3	1
446	4074	4073	33.3437331	4.500000	2	0
447	4074	4045	174.5407532	4.500000	2	0
448	4074	4078	241.3816782	4.500000	2	0
449	4074	4075	287.5547949	4.500000	2	0
450	4074	4076	352.2357795	4.500000	2	0
451	4075	4076	359.5959811	4.500000	2	0
452	4075	4074	51.4713161	4.500000	2	0
453	4075	4078	118.0632847	4.500000	2	0
454	4075	4078	201.5810748	4.500000	2	0
455	4075	4057	266.4503632	4.500000	2	0
456	4076	4074	11.2303348	4.500000	2	0
457	4076	4075	60.3543618	4.500000	2	0
458	4076	4070	117.0721035	4.500000	2	0
459	4076	4071	162.5746394	4.500000	2	0
460	4076	4072	222.1137332	4.500000	2	0
461	4076	4073	300.1324334	4.500000	2	0
462	4076	4075	0.0	4.500000	2	0
463	4078	4074	47.3052690	4.500000	2	0
464	4078	4045	107.5458140	4.500000	2	0
465	4078	4042	182.1337400	4.500000	2	0
466	4078	4032	225.5007400	4.500000	2	0
467	4078	4070	344.2564130	4.500000	2	0
468	4081	4047	70.5914795	4.500000	2	0
469	4081	4046	112.5462445	4.500000	2	0
470	4081	4045	184.4716245	4.500000	2	0
471	4084	4047	0.0	4.500000	2	0
472	4084	4090	178.1841643	4.500000	2	0
473	4084	4012	203.5712169	4.500000	2	0
474	4084	4089	238.2122023	4.500000	2	0
475	4084	4088	262.4203130	4.500000	2	0
476	4084	4085	287.2138170	4.500000	2	0
477	4084	4086	316.0625440	4.500000	2	0
478	4084	4044	343.4127720	4.500000	2	0
479	4085	4047	41.5233130	4.500000	2	0

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
501	4035	4044	95.4159160	4.500000	2	0
502	4045	4089	168.0133720	4.500000	2	0
503	4086	4088	250.5314770	4.500000	2	0
504	4085	4087	298.4417930	4.500000	2	0
505	4083	4086	342.0900610	4.500000	2	0
506	4086	4038	42.2613470	4.500000	2	0
507	4086	4039	94.4438120	4.500000	2	0
508	4086	4040	99.0417080	4.500000	2	0
509	4086	4044	152.0001190	4.500000	2	0
510	4086	4047	202.4509890	4.500000	2	0
511	4086	4085	242.1810740	4.500000	2	0
512	4086	4088	282.5781090	4.500000	2	0
513	4086	4088	334.5743070	4.500000	2	0
514	4087	4087	353.5640610	4.500000	2	0
515	4087	4036	0.0	4.500000	2	0
516	4087	4085	65.0147110	4.500000	2	0
517	4087	4084	136.5239130	4.500000	2	0
518	4087	4034	189.4928240	4.500000	2	0
519	4037	4038	275.3705290	4.500000	2	0
520	4038	4034	0.0	4.500000	2	0
521	4288	4037	51.5324270	4.500000	2	0
522	4038	4036	65.4489070	4.500000	2	0
523	4088	4085	91.4733570	4.500000	2	0
524	4088	4084	111.5643890	4.500000	2	0
525	4088	4089	136.9218600	4.500000	2	0
526	4088	4032	152.4251800	4.500000	2	0
527	4089	4035	214.4250960	4.500000	2	0
528	4089	4085	0.0	4.500000	2	0
529	4089	4084	58.3811826	4.500000	2	0
530	4089	4090	111.1944491	4.500000	2	0
531	4089	4012	160.2009409	4.500000	2	0
532	4089	4092	219.0848973	4.500000	2	0
533	4089	4088	287.0419350	4.500000	2	0
534	4090	4084	0.0	4.500000	2	0
535	4090	4012	221.2352760	4.500000	2	0
536	4090	4089	292.4409384	4.500000	2	0
537	4092	4010	54.0136700	4.500000	2	0
538	4092	4032	106.2113130	4.500000	2	0
539	4092	4088	159.1749650	4.500000	2	0
540	4092	4089	208.2821976	4.500000	2	0
541	4092	4012	350.2358940	4.500000	2	0
542	4092	4110	354.1405230	4.500000	2	0
543	4093	4089	154.5819660	4.500000	2	0
544	4099	4033	279.3408030	4.500000	2	0
545	4099	4033	312.2351480	4.500000	2	0
546	4099	4039	36.4403500	4.500000	2	0
547	4102	4008	99.5350420	4.500000	2	0
548	4102	4104	182.2317310	4.500000	2	0
549	4102	4104	3.1750030	4.500000	2	0
550	4104	4104		4.500000	2	0

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO DE VISADA	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE REDUCCION	CLAVE DE OBSERVACION
531	4104	4008	21.5721900	4.500000	2	0
532	4104	4006	67.1654210	4.500000	2	0
533	4104	4005	114.5750010	4.500000	2	0
534	4104	4003	128.5781110	4.500000	2	0
535	4104	4002	124.5787290	4.500000	2	0
536	4103	4003	124.5726230	4.500000	2	0
537	4103	4004	256.2608020	4.500000	2	0
538	4103	4002	257.5854980	4.500000	2	0
539	4103	4002	0.0	4.500000	2	0
540	4108	4032	52.3421870	4.500000	2	0
541	4108	4011	113.3346350	4.500000	2	0
542	4108	4007	182.3143660	4.500000	2	0
543	4108	4009	287.5640460	4.500000	2	0
544	4110	4013	0.0	4.500000	2	0
545	4110	4019	26.3607400	4.500000	2	0
546	4110	4011	70.4659540	4.500000	2	0
547	4110	4010	115.2826720	4.500000	2	0
548	4110	4092	174.0140320	4.500000	2	0
549	4110	4012	233.2404780	4.500000	2	0
550	4110	4013	315.3831530	4.500000	2	0
551	4116	4003	87.4747690	4.500000	2	0
552	4116	4001	122.2409030	4.500000	2	0
553	4116	4004	181.5340830	4.500000	2	0
554	4116	4017	234.4329230	4.500000	2	0
555	4118	4016	0.0	4.500000	2	0
556	4118	4131	63.4618470	4.500000	2	0
557	4118	4017	123.1411010	4.500000	2	0
558	4118	4004	219.6440860	4.500000	2	0
559	4119	4003	28.0447850	4.500000	2	0
560	4119	4013	33.5339870	4.500000	2	0
561	4119	4132	98.1436130	4.500000	2	0
562	4119	4016	171.3359420	4.500000	2	0
563	4119	4005	231.5001500	4.500000	2	0
564	4119	4011	282.2418200	4.500000	2	0
565	4119	4011	42689.2230000	109.747220	3	1
566	4119	4110	337.4304690	4.500000	2	0
567	4120	4119	0.0	4.500000	2	0
568	4120	4011	38.1108290	4.500000	2	0
569	4120	4013	75.0922310	4.500000	2	0
570	4120	4012	109.1114408	4.500000	2	0
571	4120	4013	160.4356626	4.500000	2	0
572	4120	4123	244.1045098	4.500000	2	0
573	4120	4018	290.0550210	4.500000	2	0
574	4120	4122	302.4445430	4.500000	2	0
575	4120	4016	342.5020320	4.500000	2	0
576	4122	4119	0.0	4.500000	2	0
577	4122	4119	58.0452360	4.500000	2	0
578	4122	4123	118.4503110	4.500000	2	0
579	4122	4018	204.0322910	4.500000	2	0
580	4122	4018				

Tabla 8.2

Tabla 8.2

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESJ A PRIORI	CLAVE DE PUNTO	CLAVE DE OBSERVACION
651	4131	4130	60.5114870	4.500000	2	0
652	4131	4129	121.4923080	4.500000	2	0
653	4131	4019	165.2826990	4.500000	2	0
654	4131	4132	213.0319220	4.500000	2	0
655	4131	4017	250.3724690	4.500000	2	0
656	4131	4118	311.1111690	4.500000	2	0
657	4132	4019	0.0000000	4.500000	2	0
658	4132	4021	49.1010980	4.500000	2	0
659	4132	4020	99.1012920	4.500000	2	0
660	4132	4017	176.5124330	4.500000	2	0
661	4132	4017	270.3316960	4.500000	2	0
662	4136	4024	30.3641190	4.500000	2	0
663	4136	4024	116.2041170	4.500000	2	0
664	4136	4139	152.5823990	4.500000	2	0
665	4136	4020	170.0642290	4.500000	2	0
666	4136	4024	322.3940600	4.500000	2	0
667	4137	4024	11.1453330	4.500000	2	0
668	4137	4139	65.0617660	4.500000	2	0
669	4137	4138	130.1849140	4.500000	2	0
670	4137	4136	317.0116290	4.500000	2	0
671	4138	4140	33.1200170	4.500000	2	0
672	4138	4137	324.2043130	4.500000	2	0
673	4138	4024	349.4613180	4.500000	2	0
674	4138	4024	354.5816490	4.500000	2	0
675	4139	4024	18.5433430	4.500000	2	0
676	4139	4140	121.1122490	4.500000	2	0
677	4139	4138	187.4148560	4.500000	2	0
678	4139	4137	277.0350690	4.500000	2	0
679	4139	4136	331.3032390	4.500000	2	0
680	4140	4024	6.2004490	4.500000	2	0
681	4140	4025	62.0434090	4.500000	2	0
682	4140	4138	252.4438390	4.500000	2	0
683	4140	4139	324.2519390	4.500000	2	0
684	4141	4034	27.5106640	4.500000	2	0
685	4142	4035	25.3123332	4.500000	2	0
686	4142	4141	148.1314993	4.500000	2	0
687	4142	4037	152.4031445	4.500000	2	0
688	4142	4034	210.2848821	4.500000	2	0
689	4142	4035	329.3306905	4.500000	2	0
690	4142	4033		4.500000	2	0

Tabla 8.2

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N * H O J A 1

V E R T I C E NÚMERO	COORDENADAS APROXIMADAS	C O R R E C C I O N E S		COORDENADAS COMPENSADAS	
		LONGITUD SEG. METROS	LATITUD SEG. METROS	LONGITUD G M S	LATITUD S M S
1	4029	- 7 29 10.3073	37 11 16.2492	- 7 29 10.3073	37 11 16.2291
2	4028	- 7 51 48.4022	36 59 33.2083	- 7 51 48.4022	36 59 33.2082
3	4064	- 3 52 15.9593	41 53 30.2637	- 3 52 15.9593	41 53 30.2637
4	4026	- 7 55 58.8564	37 6 8.7236	- 7 55 58.8564	37 6 8.7235
5	4073	- 6 19 12.9342	0.0000 0.001 -0.0001 -0.003	- 6 19 12.9341	41 21 32.0344
6	4072	- 6 13 25.7433	0.0000 0.002 -0.0001 -0.003	- 6 13 25.7432	41 39 50.9353
7	4076	- 6 33 43.7746	0.0000 0.000 -0.0001 -0.002	- 6 33 43.7746	41 51 56.4949
8	4071	- 6 35 23.3791	0.0001 0.001 -0.0001 -0.002	- 6 35 23.3790	37 17 5.2445
9	4137	- 3 51 32.5126	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 3 51 32.5125	37 13 13.2898
10	4139	- 8 46 44.6047	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 8 46 44.6046	37 5 12.4976
11	4138	- 8 57 2.2527	0.0000 0.001 -0.0000 -0.001	- 8 57 2.2526	37 5 21.3240
12	4130	- 3 43 2.5364	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 3 43 2.5363	37 8 22.7222
13	4025	- 8 23 36.2270	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 8 23 36.2269	37 30 30.8362
14	4136	- 8 42 56.1638	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 8 42 56.1638	37 19 0.7594
15	4034	- 8 35 42.9672	0.0000 0.001 -0.0001 -0.001	- 8 35 42.9672	39 27 18.4216
16	4102	- 11 59.7252	0.0000 0.001 -0.0001 -0.001	- 11 59.7245	37 14 41.1724
17	4027	- 8 4 16.4247	0.0001 0.001 -0.0001 -0.002	- 8 4 16.4253	41 55 22.0452
18	4055	- 7 10 8.3124	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 7 10 8.3124	41 42 55.7623
19	4060	- 7 10 8.3124	0.0000 0.001 -0.0000 -0.001	- 7 10 8.3124	41 42 55.7623
20	4064	- 8 18 22.7393	0.0000 0.001 -0.0000 -0.001	- 8 18 22.7393	41 54 57.6232
21	4053	- 8 48 23.4134	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 8 48 23.4133	41 58 13.1311
22	4034	- 8 42 50.3422	0.0001 0.001 -0.0001 -0.002	- 8 42 50.3421	41 45 51.0576
23	4035	- 9 22 5.4126	0.0000 0.001 -0.0001 -0.003	- 9 22 5.4126	41 26 10.3008
24	4075	- 7 0 20.5945	0.0000 0.001 -0.0000 -0.000	- 7 0 20.5945	41 32 36.8272
25	4074	- 6 51 15.1947	0.0000 0.001 -0.0001 -0.002	- 6 51 15.1947	41 26 6.8763
26	4074	- 6 45 26.2409	0.0000 0.002 -0.0000 -0.002	- 6 45 26.2409	41 43 6.3781
27	4074	- 7 43 8.6232	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 7 43 8.6232	41 12 42.7277
28	4062	- 8 27 25.1372	0.0001 0.002 -0.0000 -0.002	- 8 27 25.1371	41 32 53.8161
29	4056	- 8 2 31.2232	0.0001 0.002 -0.0000 -0.002	- 8 2 31.2231	41 38 47.8804
30	4036	- 8 35 9.4303	0.0000 0.001 -0.0000 -0.000	- 8 35 9.4304	41 38 25.8790
31	4030	- 8 15 43.6408	0.0000 0.001 -0.0000 -0.001	- 8 15 43.6407	41 19 32.4072
32	4033	- 8 23 5.0064	0.0001 0.002 -0.0000 -0.002	- 8 23 5.0064	41 10 32.1936
33	4031	- 7 51 16.7555	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 7 51 16.7554	40 36 20.5913
34	4081	- 7 15 30.6036	0.0001 0.002 -0.0001 -0.002	- 7 15 30.6036	41 14 9.3741
35	4086	- 7 30 56.4632	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 7 30 56.4632	41 33 48.2892
36	4037	- 7 53 42.2782	0.0001 0.001 -0.0000 -0.001	- 7 53 42.2781	40 51 55.1600
37	4037	- 6 59 25.7765	0.0000 0.001 -0.0000 -0.001	- 6 59 25.7765	41 14 58.8125
38	4051	- 7 33 8.6040	0.0000 0.000 -0.0000 -0.002	- 7 33 8.6040	40 46 17.2126
39	4052	- 9 24 23.7180	0.0000 0.001 -0.0001 -0.003	- 9 24 23.7180	39 21 42.6196
40	4035	- 7 25 22.5910	0.0000 0.000 -0.0000 -0.000	- 7 25 22.5910	39 0 49.0389
41	4104	- 9 18 55.2230	0.0000 0.001 -0.0001 -0.001	- 9 18 55.2230	38 42 51.8699
42	4103	- 9 26 24.9775	0.0000 0.000 -0.0000 -0.000	- 9 26 24.9775	38 46 32.1393
43	4001	- 9 6 20.0642	0.0000 0.001 -0.0001 -0.002	- 9 6 20.0642	38 27 14.6501
44	4114	- 7 26 57.6777	0.0000 0.002 -0.0001 -0.001	- 7 26 57.6777	37 47 45.6194
45	4124	- 7 9 9.4631	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 7 9 9.4631	38 13 47.0185
46	4041	- 7 59 11.4666	0.0000 0.000 -0.0000 -0.001	- 7 59 11.4666	40 58 30.2822
47	4134	- 8 16 46.1678	0.0000 0.001 -0.0001 -0.003	- 8 16 46.1678	40 52 35.0110
48	4049	- 7 39 17.7784	0.0000 0.001 -0.0001 -0.002	- 7 39 17.7784	40 57 24.4356
49	4052	- 7 39 17.7784	0.0000 0.001 -0.0001 -0.002	- 7 39 17.7784	40 57 24.4356

Tabla 8.3

RES U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N * HOJA 2

VERTICE NUMERO	NOMBRE	COORDENADAS APROXIMADAS		CORRECCIONES				COORDENADAS COMPENSADAS	
		LONGITUD G M S	LATITUD G M S	SEG. METROS	LATITUD SEG. METROS	DESPLZ METROS	LONGITUD G M S	LONGITUD G M S	LATITUD G M S
51	4044	- 7 25 26.3709	43 32 5.8209	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 25 26.3709	43 32 5.8009	40 32 5.8009
52	4048	- 8 44 47.8663	43 35 38.6515	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 8 44 47.8663	40 38 38.6615	40 38 38.6615
53	4047	- 7 10 46.5791	43 21 9.4059	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 10 46.5791	40 21 9.4059	40 21 9.4059
54	4043	- 8 44 32.0131	43 36 49.822	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 8 44 32.0131	40 36 49.822	40 36 49.822
55	4037	- 8 21 12.4031	43 21 47.1317	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 21 12.4031	40 21 47.1316	40 21 47.1316
56	4038	- 7 36 16.2498	43 23 13.4339	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 36 16.2498	40 23 13.4339	40 23 13.4339
57	4039	- 8 12 2.5932	43 32 5.6381	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 12 2.5932	40 32 5.6381	40 32 5.6381
58	4035	- 7 31 25.6238	43 4 5.6026	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 7 31 25.6238	40 3 5.6026	40 3 5.6026
59	4037	- 7 31 25.6238	43 4 5.6026	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 7 31 25.6238	40 3 5.6026	40 3 5.6026
60	4046	- 7 36 42.0972	43 19 23.2477	0.0000	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 7 36 42.0972	40 19 23.2476	40 19 23.2476
61	4099	- 8 30 35.9763	43 35 35.9763	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 30 35.9763	40 35 35.9763	40 35 35.9763
62	4048	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
63	4035	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
64	4046	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
65	4042	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
66	4043	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
67	4043	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
68	4043	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
69	4043	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
70	4030	- 8 31 2.5215	43 26 13.2411	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 2.5215	40 26 13.2411	40 26 13.2411
71	4132	- 8 26 4.0255	38 3 9.4384	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 8 26 4.0255	38 3 9.4384	38 3 9.4384
72	4021	- 8 23 6.7118	37 36 58.5651	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 23 6.7118	37 36 58.5651	37 36 58.5651
73	4126	- 7 16 59.3057	37 57 56.3725	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 16 59.3057	37 57 56.3725	37 57 56.3725
74	4128	- 7 35 32.3349	37 55 51.4648	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 35 32.3349	37 55 51.4648	37 55 51.4648
75	4022	- 7 45 37.5260	37 42 5.3261	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 7 45 37.5260	37 42 5.3261	37 42 5.3261
76	4135	- 7 26 41.7697	38 5 43.3351	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 7 26 41.7697	38 5 43.3351	38 5 43.3351
77	4019	- 8 9 59.0899	37 52 58.1336	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.002	- 8 9 59.0899	37 52 58.1336	37 52 58.1336
78	4139	- 7 31 51.7109	38 1 6.3084	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 7 31 51.7109	38 1 6.3084	38 1 6.3084
79	4130	- 8 14 3.0094	38 19 24.2878	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 8 14 3.0094	38 19 24.2878	38 19 24.2878
80	4017	- 8 38 39.8784	38 10 13.7758	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 8 38 39.8784	38 10 13.7758	38 10 13.7758
81	4131	- 8 14 0.9449	38 14 49.5232	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 14 0.9449	38 14 49.5232	38 14 49.5232
82	4118	- 8 31 18.9779	38 29 35.3872	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 31 18.9779	38 29 35.3871	38 29 35.3871
83	4004	- 8 35 56.6366	38 34 2.7409	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.003	- 8 35 56.6366	38 34 2.7409	38 34 2.7409
84	4018	- 7 67 57.6544	38 14 50.8784	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 67 57.6544	38 14 50.8784	38 14 50.8784
85	4122	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	38 26 56.5231
86	4016	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	38 26 56.5231
87	4141	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	38 26 56.5231
88	4142	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 11 19.6541	38 26 56.5231	38 26 56.5231
89	4123	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	38 26 37.0379
90	4007	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	38 26 37.0379
91	4103	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	38 26 37.0379
92	4008	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	38 26 37.0379
93	4019	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	0.0001	0.302 -0.0001 -0.002	0.003	- 8 32 49.4892	38 26 37.0379	38 26 37.0379
94	4139	- 7 59 12.9743	39 11 25.3463	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.001	- 7 59 12.9743	39 11 25.3463	39 11 25.3463
95	4013	- 7 37 17.5329	38 55 3.3110	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 7 37 17.5329	38 55 3.3110	38 55 3.3110
96	4010	- 7 34 57.9327	38 44 26.6770	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 7 34 57.9327	38 44 26.6770	38 44 26.6770
97	4011	- 8 11 9.9195	39 4 42.9315	0.0000	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 11 9.9195	39 4 42.9315	39 4 42.9315
98	4010	- 8 0 36.7137	39 22 5.8722	0.0001	0.300 -0.0000 -0.001	0.002	- 8 0 36.7137	39 22 5.8722	39 22 5.8722

Tabla 8.3

PUNTO	NOMBRE	COORDENADAS APROXIMADAS			CORRECCIONES			COORDENADAS COMPENSADAS		
		LONGITUD	LATITUD	DESPLZ	LONGITUD	LATITUD	DESPLZ	LONGITUD	LATITUD	DESPLZ
		G M S	G M S	METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	METROS	G M S	G M S	METROS
01	4092	- 7 37 43.9168	39 34 35.7360	0.001	0.002	-0.0001	-0.002	- 7 37 43.9167	39 34 35.7359	0.003
02	4013	- 7 15 27.3491	38 50 28.1711	0.001	0.002	-0.0001	-0.003	- 7 15 27.3490	38 50 28.1710	0.003
03	4014	- 7 6 21.5044	39 1 36.4463	0.000	0.000	-0.0001	-0.003	- 7 6 21.5044	39 1 36.4462	0.003
04	4012	- 7 21 33.5384	39 18 53.0904	0.000	0.000	-0.0000	-0.001	- 7 21 33.5384	39 18 53.0904	0.001
05	4019	- 7 27 44.8020	39 48 15.1372	0.000	0.000	-0.0000	-0.000	- 7 27 44.8020	39 48 15.1372	0.000
06	4030	- 7 2 19.6005	39 44 8.5546	0.000	0.001	-0.0000	-0.002	- 7 2 19.6005	39 44 8.5546	0.002
07	4084	- 7 6 47.9178	40 2 12.9725	0.001	0.002	-0.0000	-0.001	- 7 6 47.9177	40 2 12.9725	0.002

Tabla 8.3

T A B L A D E R E S I D U O S • H O J A 1						
NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	RESIDUO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
1	4001	4004	0.3048	4.500000	-0.1437	0
2	4001	4004	-0.7641	294.388140	-0.0445	1
3	4001	4116	-1.0958	4.500000	-0.3166	0
4	4001	4033	3.1085	4.500000	0.0211	0
5	4001	4002	-0.4845	4.500000	-0.2284	0
6	4001	4035	1.1671	4.500000	0.3902	0
7	4002	4004	1.0630	4.500000	0.5011	0
8	4002	4001	-0.2805	4.500000	-0.1123	0
9	4002	4033	3.4963	4.500000	0.2340	0
10	4002	4105	-0.7293	4.500000	-0.3435	0
11	4002	4006	-0.5139	4.500000	-0.2422	0
12	4002	4037	0.3110	4.500000	0.1466	0
13	4002	4005	-0.3476	4.500000	-0.1639	0
14	4003	4002	-0.6866	4.500000	-0.3237	0
15	4003	4031	-3.3779	4.500000	-0.1781	0
16	4003	4004	0.5793	4.500000	0.2731	0
17	4003	4116	0.2516	4.500000	0.1186	0
18	4003	4104	0.5761	4.500000	0.2719	0
19	4003	4105	-0.4320	4.500000	-0.2021	0
20	4004	4006	-0.7725	4.500000	-0.3474	0
21	4004	4005	-1.0125	4.500000	-0.4789	0
22	4004	4016	0.0532	4.500000	0.4885	0
23	4004	4119	0.0532	4.500000	0.0025	0
24	4004	4117	0.4910	4.500000	0.2145	0
25	4004	4116	0.4910	4.500000	0.0199	0
26	4004	4033	-0.2467	4.500000	-0.1163	0
27	4004	4001	-0.2107	4.500000	-0.0993	0
28	4004	4002	-0.5587	4.500000	-0.2634	0
29	4004	4011	-0.5337	4.500000	-0.2316	0
30	4005	4119	3.2164	4.500000	0.1020	0
31	4005	4016	-0.8006	4.500000	-0.3774	0
32	4005	4118	1.7543	4.500000	0.8270	0
33	4005	4004	0.0028	4.500000	0.0013	0
34	4005	4001	-0.1361	4.500000	-0.0642	0
35	4005	4002	-0.9446	4.500000	-0.4453	0
36	4005	4006	0.0126	4.500000	0.0059	0
37	4005	4007	0.4290	4.500000	0.2022	0
38	4006	4002	-0.0106	4.500000	-0.0050	0
39	4006	4003	-0.7726	4.500000	-0.3642	0
40	4006	4105	0.7931	4.500000	0.3748	0
41	4006	4104	0.5912	4.500000	0.2787	0
42	4006	4102	0.6222	4.500000	0.2935	0
43	4006	4008	-0.0753	4.500000	-0.0325	0
44	4006	4009	-1.1414	4.500000	-0.5280	0
45	4006	4007	-0.0372	4.500000	-0.0170	0
46	4007	4003	-0.6818	4.500000	-0.3110	0
47	4007	4002	0.7511	4.500000	0.3388	0
48	4007	4005	-0.4417	4.500000	-0.2025	0
49	4007	4006	-0.1425	4.500000	-0.0460	0
50	4007	4008	0.3020	4.500000	0.1424	0

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S • HOJA 2					RESIDUO SIN CLASE DE LA	
NUMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
31	4007	4009	0.4204	4.500000	0.1982	0
32	4007	4108	0.2100	4.500000	0.0990	0
33	4007	4011	-0.8693	4.500000	-0.4096	0
34	4008	4009	0.3612	4.500000	0.1103	0
35	4008	4007	0.0687	4.500000	0.0323	0
36	4008	4004	-0.1134	4.500000	-0.0519	0
37	4008	4104	-0.1822	4.500000	-0.0833	0
38	4008	4102	-0.1193	4.500000	-0.0543	0
39	4008	4099	-1.5018	4.500000	-0.6977	0
40	4008	4102	-1.5018	4.500000	-0.7221	0
41	4009	4118	-0.3295	4.500000	-0.1553	0
42	4009	4107	-1.1421	4.500000	-0.5173	0
43	4009	4007	1.4491	4.500000	0.6878	0
44	4009	4004	0.4445	4.500000	0.2095	0
45	4009	4008	-0.0270	4.500000	-0.0127	0
46	4009	4099	-1.0531	4.500000	-0.4964	0
47	4009	4033	-0.3076	4.500000	-0.1450	0
48	4009	4033	1.2944	4.500000	0.6102	0
49	4009	4034	1.2311	4.500000	0.5813	0
50	4010	4032	-0.1136	4.500000	-0.0536	0
51	4010	4032	0.1030	180.184140	0.0087	1
52	4010	4092	-1.7833	4.500000	-0.8219	0
53	4010	4012	0.9496	4.500000	0.4476	0
54	4010	4110	-0.4248	4.500000	-0.2003	0
55	4010	4011	0.6739	4.500000	0.3177	0
56	4010	4108	-0.7373	4.500000	-0.3370	0
57	4010	4009	1.4139	4.500000	0.6675	0
58	4011	4108	0.7190	4.500000	0.3289	0
59	4011	4032	-0.4238	4.500000	-0.1978	0
60	4011	4010	-1.1662	4.500000	-0.5498	0
61	4011	4010	-0.1895	158.173800	-0.0784	1
62	4011	4112	-0.2119	4.500000	-0.0963	0
63	4011	4119	0.3749	4.500000	0.1767	0
64	4011	4120	0.6422	4.500000	0.2980	0
65	4011	4119	-0.0735	4.500000	-0.0346	0
66	4011	4014	0.6942	4.500000	0.3273	0
67	4011	4009	0.1867	4.500000	0.0880	0
68	4011	4007	1.0959	4.500000	0.5166	0
69	4011	4009	-1.6379	4.500000	-0.7721	0
70	4012	4092	-0.5304	4.500000	-0.2400	0
71	4012	4089	0.8609	4.500000	0.4059	0
72	4012	4084	1.4160	4.500000	0.6675	0
73	4012	4090	0.4148	4.500000	0.1956	0
74	4012	4014	-0.5322	4.500000	-0.2603	0
75	4012	4015	0.2320	4.500000	0.1188	0
76	4012	4120	0.6000	4.500000	0.2829	0
77	4012	4013	-0.6463	4.500000	-0.3047	0
78	4012	4110	-0.1120	4.500000	-0.0575	0

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S • H U J A 3						
NÚMERO DE OBSERVACIÓN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO DE VISADO	RESIDUO PUNTERADO	PESO A PUNTO	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACIÓN
131	4012	4011	-0.4581	4.500000	-0.2139	0
132	4012	4019	-0.7994	4.500000	-0.3768	0
133	4012	4013	-0.4153	4.500000	-0.2053	0
134	4013	4016	-0.3246	4.500000	-0.1349	0
135	4013	4012	-0.4202	4.500000	-0.1981	0
136	4013	4016	0.0164	4.500000	0.0077	0
137	4013	4019	0.5743	4.500000	0.2707	0
138	4013	4020	0.0071	4.500000	0.0033	0
139	4013	4119	0.5990	4.500000	0.2635	0
140	4013	4011	0.5204	4.500000	0.2453	0
141	4013	4010	-0.9285	4.500000	-0.4377	0
142	4014	4015	-0.5260	4.500000	-0.2479	0
143	4014	4013	-0.0400	4.500000	-0.0188	0
144	4014	4012	0.5660	4.500000	0.2668	0
145	4014	4016	0.5332	4.500000	0.2337	0
146	4015	4123	-0.5423	4.500000	-0.2557	0
147	4015	4120	-0.0216	4.500000	-0.0102	0
148	4015	4013	0.8427	4.500000	0.3972	0
149	4015	4110	-1.4787	4.500000	-0.6970	0
150	4015	4012	0.6617	4.500000	0.3119	0
151	4016	4119	-0.6510	4.500000	-0.3069	0
152	4016	4120	-0.7226	4.500000	-0.3406	0
153	4016	4119	-0.5370	327.489140	-0.0291	1
154	4016	4018	0.8879	4.500000	0.4186	0
155	4016	4018	-1.4931	4.500000	-0.7033	0
156	4016	4130	-1.1376	4.500000	-0.5363	0
157	4016	4131	0.1166	4.500000	0.0540	0
158	4016	4017	-0.2527	4.500000	-0.1039	0
159	4016	4018	0.2237	4.500000	0.1039	0
160	4016	4009	-0.5800	4.500000	-0.2734	0
161	4016	4011	0.7969	4.500000	0.3756	0
162	4017	4132	0.5133	4.500000	0.2702	0
163	4017	4020	0.7125	4.500000	0.3359	0
164	4017	4021	0.1393	4.500000	0.0637	0
165	4017	4016	-1.2777	4.500000	-0.6023	0
166	4017	4004	-0.2169	4.500000	-0.1022	0
167	4017	4018	1.0287	4.500000	0.4849	0
168	4017	4016	-0.0881	4.500000	-0.0415	0
169	4017	4131	-0.8711	4.500000	-0.4106	0
170	4018	4016	0.7761	4.500000	0.3658	0
171	4018	4122	-0.0834	4.500000	-0.0403	0
172	4018	4120	1.0039	4.500000	0.4732	0
173	4018	4123	-0.8867	4.500000	-0.4180	0
174	4018	4124	0.6619	4.500000	0.3120	0
175	4018	4125	-1.6328	4.500000	-0.7791	0
176	4018	4126	-1.1496	4.500000	-0.5419	0
177	4018	4128	-1.4032	4.500000	-0.6815	0
178	4018	4022	-0.6287	4.500000	-0.2834	0
179	4018	4129	-0.5093	4.500000	-0.2394	0
180	4018	4129	-0.3093	4.500000	-0.1458	0

Tabla 8.4

NÚMERO DE RESERVA	TABLA DE RESIDUOS * HOJA *				CLASE DE LA OBSERVACION
	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR
151	4018	4019	2.2577	4.500000	1.0645
152	4018	4130	-0.8851	4.500000	-0.4172
153	4019	4021	1.0813	4.500000	0.5097
154	4019	4020	0.0793	4.500000	0.3579
155	4019	4132	0.9009	4.500000	0.4241
156	4019	4131	0.2184	4.500000	0.1039
157	4019	4131	-0.2870	119.750000	-0.3522
158	4019	4130	-1.5346	4.500000	-0.7054
159	4019	4138	0.2231	4.500000	0.1049
160	4019	4129	-0.2183	4.500000	-0.1019
161	4019	4022	0.0948	4.500000	0.0433
162	4019	4023	-0.2418	4.500000	-0.1098
163	4020	4132	1.2167	4.500000	0.5735
164	4020	4019	-0.4011	4.500000	-0.1891
165	4020	4021	0.3019	4.500000	0.1423
166	4020	4024	0.5469	4.500000	0.2578
167	4020	4136	-1.0246	4.500000	-0.4830
168	4020	4017	0.7246	4.500000	0.3416
169	4021	4024	-0.1320	4.500000	-0.0622
170	4021	4024	1.3007	4.500000	0.7074
171	4021	4020	-0.4959	4.500000	-0.2338
172	4021	4017	1.5345	4.500000	0.7234
173	4021	4132	1.4842	4.500000	0.6997
174	4021	4019	0.2209	4.500000	0.1041
175	4021	4022	-1.7680	4.500000	-0.8334
176	4021	4022	0.0216	4.500000	0.0102
177	4022	4023	-0.9977	93.776820	-0.0817
178	4022	4021	0.1944	4.500000	0.0916
179	4022	4021	0.3013	4.500000	0.1420
180	4022	4139	0.7753	4.500000	0.3659
181	4022	4018	-0.7019	4.500000	-0.3307
182	4022	4018	-0.5384	4.500000	-0.2518
183	4022	4128	-0.4625	4.500000	-0.2633
184	4022	4127	-0.8153	4.500000	-0.3844
185	4023	4017	1.0050	4.500000	0.4738
186	4023	4019	0.4003	4.500000	0.1867
187	4023	4019	-0.2471	6.000000	-0.1009
188	4023	4022	0.0191	4.500000	0.0090
189	4023	4027	-0.0314	4.500000	-0.0148
190	4023	4026	0.3124	4.500000	0.1473
191	4023	4023	-0.4305	4.500000	-0.2029
192	4023	4024	-1.2748	4.500000	-0.6010
193	4023	4021	0.4680	4.500000	0.2206
194	4024	4023	-0.6370	4.500000	-0.3003
195	4024	4023	0.2638	4.500000	0.2752
196	4024	4140	-0.9346	4.500000	-0.4406
197	4024	4138	1.8345	4.500000	0.8488
198	4024	4138			
199	4024	4138			
200	4024	4138			

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S U L T A D O S • HOJA 5						
CÓDIGO DE VOUCHER	ESTACIÓN VISADA	PUNTO DE VISTADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PATRI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA INSERVACION
201	4024	4139	-0.6132	4.500000	-0.2914	0
202	4024	4137	-0.6759	4.500000	-0.3186	0
203	4024	4136	-0.6153	4.500000	-0.2800	0
204	4024	4029	0.5547	4.500000	0.2804	0
205	4023	4023	3.0473	4.500000	0.0223	0
206	4023	4026	-3.0855	4.500000	-0.0508	0
207	4023	4140	0.1940	4.500000	0.0914	0
208	4023	4034	-0.1548	4.500000	-0.0750	0
209	4025	4025	-0.3493	4.500000	-0.1647	0
210	4026	4027	-0.0545	4.500000	-0.0029	0
211	4026	4023	-0.3562	4.500000	-0.4503	0
212	4025	4025	1.3547	4.500000	0.6102	0
213	4024	4022	-1.1487	4.500000	-0.3400	0
214	4024	4039	1.5532	4.500000	0.8489	0
215	4024	4028	-0.7142	4.500000	-0.1244	0
216	4027	4025	-0.2142	4.500000	0.3337	0
217	4027	4023	-0.2146	4.500000	-0.1337	0
218	4027	4023	-1.4431	179.375300	-0.1392	1
219	4023	4037	-0.9631	4.500000	-0.4340	0
220	4023	4037	-0.3356	4.500000	-0.1382	0
221	4023	4036	1.2987	4.500000	0.6122	0
222	4023	4028	1.4614	4.500000	0.6889	0
223	4023	4027	-1.4614	4.500000	-0.6889	0
224	4023	4027	-0.4336	371.141080	-0.0251	1
225	4032	4084	-0.0569	4.500000	-0.0268	0
226	4032	4082	-2.4145	4.500000	-1.1382	0
227	4032	4012	-0.7592	4.500000	-0.3336	0
228	4032	4010	-0.3171	4.500000	-0.1493	0
229	4032	4011	0.6815	4.500000	0.3213	0
230	4032	4011	0.9163	6.000000	0.3741	2
231	4032	4135	0.6243	4.500000	0.2943	0
232	4032	4039	0.2086	4.500000	0.0993	0
233	4032	4033	0.4286	4.500000	0.2020	0
234	4032	4036	1.5957	4.500000	0.7322	0
235	4033	4003	-0.0535	4.500000	-0.0052	0
236	4033	4039	-0.1515	4.500000	-0.0115	0
237	4033	4132	-0.1785	4.500000	-0.0344	0
238	4033	4132	0.6114	4.500000	0.2844	0
239	4033	4037	0.3147	4.500000	0.1481	0
240	4033	4034	-1.5045	4.500000	-0.8493	0
241	4033	4032	0.3076	4.500000	-1.1052	0
242	4034	4038	0.1506	4.500000	0.4373	0
243	4034	4038	0.1761	133.423440	0.0369	0
244	4034	4036	0.5684	4.500000	0.0152	1
245	4034	4087	-0.0045	4.500000	0.2679	0
246	4034	4088	-0.1190	4.500000	-0.0021	0
247	4034	4032	-0.7508	4.500000	-0.0761	0
248	4034	4003	0.3329	4.500000	-0.3339	0
249	4034	4003	0.3329	4.500000	0.1569	0
250	4034	4033	0.0222	4.500000	0.0105	0

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S					F O L I A 6	
INVENTARI DE SERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	RESIDUO PONDERADO	RESIDUO A PUNTO	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
251	4034	4142	0.0402	4.500000	0.0189	0
252	4034	4035	-0.9280	4.500000	-0.4373	0
253	4034	4141	-0.2849	4.500000	-0.1341	0
254	4034	4037	0.0732	4.500000	0.0354	0
255	4035	4037	0.4473	4.500000	0.2203	0
256	4035	4141	1.6345	4.500000	0.7705	0
257	4035	4034	1.6710	4.500000	0.7877	0
258	4035	4035	-0.5262	4.500000	-0.2481	0
259	4035	4142	-0.8532	4.500000	-0.4022	0
260	4035	4039	0.2660	4.500000	0.1254	0
261	4035	4039	-0.1115	4.500000	-0.0526	0
262	4035	4048	-1.1032	4.500000	-0.5210	0
263	4035	4039	-1.4426	4.500000	-0.6800	0
264	4037	4034	0.7662	4.500000	0.3612	0
265	4037	4142	-0.6542	4.500000	-0.3084	0
266	4037	4142	-1.1368	4.500000	-0.5359	0
267	4037	4141	1.2174	4.500000	0.5739	0
268	4037	4035	0.6070	4.500000	0.2861	0
269	4037	4039	-1.0991	4.500000	-0.5181	0
270	4037	4039	1.6092	4.500000	0.7386	0
271	4037	4039	-1.1739	4.500000	-0.5534	0
272	4037	4040	0.6100	4.500000	0.2876	0
273	4037	4039	-0.7458	4.500000	-0.3516	0
274	4038	4040	-0.5772	4.500000	-0.2721	0
275	4038	4040	-0.2560	219.91440	-0.0021	0
276	4038	4039	0.2166	4.500000	0.1021	0
277	4038	4037	0.2511	4.500000	0.1203	0
278	4038	4037	0.1071	4.500000	0.0503	0
279	4038	4037	0.0974	4.500000	0.0423	0
280	4039	4042	-0.2236	4.500000	-0.1043	0
281	4039	4042	-0.9403	4.500000	-0.4622	0
282	4039	4042	0.5321	4.500000	0.2509	0
283	4039	4046	-0.1149	4.500000	-0.0542	0
284	4039	4038	-0.2907	4.500000	-0.1370	0
285	4039	4034	1.3771	4.500000	0.6492	0
286	4039	4037	1.1400	4.500000	0.5374	0
287	4039	4035	-1.9645	4.500000	-0.9261	0
288	4039	4048	1.5137	4.500000	0.7136	0
289	4039	4049	-0.0346	4.500000	-0.0163	0
290	4039	4041	-1.1778	4.500000	-0.5552	0
291	4040	4043	1.1343	4.500000	0.5347	0
292	4040	4044	-1.3772	4.500000	-0.6492	0
293	4040	4038	-0.1107	4.500000	-0.0522	0
294	4040	4037	0.6504	4.500000	0.3064	0
295	4040	4039	0.2785	4.500000	0.1313	0
296	4040	4041	-0.0490	4.500000	-0.0240	0
297	4040	4042	-0.4519	4.500000	-0.2114	0
298	4040	4042	-1.1177	4.500000	-0.5111	1
299	4040	4042	-0.8302	132.909680	-0.0711	1
300	4041	4031	-0.4293	4.500000	-0.2066	0

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S • HOJA 7						
NÚMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
321	4041	4052	-0.0123	4.500000	-0.0059	0
322	4041	4042	-1.4401	4.500000	-0.6789	0
323	4041	4040	0.2623	4.500000	0.1237	0
324	4041	4039	0.8573	4.500000	0.4041	0
325	4041	4043	0.9621	4.500000	0.4335	0
326	4042	4044	-1.0316	4.500000	-0.4863	0
327	4042	4040	0.6450	4.500000	0.3041	0
328	4042	4039	0.2541	4.500000	0.1328	0
329	4042	4041	0.5618	4.500000	0.2543	0
330	4042	4032	-0.0232	4.500000	-0.0033	0
331	4042	4037	1.3538	4.500000	0.6166	1
332	4042	4037	1.1037	4.500000	0.5133	0
333	4042	4045	0.1007	4.500000	0.0458	0
334	4042	4045	-0.5752	4.500000	-0.2731	0
335	4042	4043	1.0474	4.500000	0.4937	0
336	4043	4046	0.2753	4.500000	0.1298	0
337	4043	4044	-0.7346	4.500000	-0.3463	0
338	4043	4040	0.8391	4.500000	0.3957	0
339	4043	4040	-0.3882	193.291700	-0.0279	1
340	4043	4042	-0.4491	4.500000	-0.2117	0
341	4043	4045	0.0690	4.500000	0.0323	0
342	4044	4043	0.7637	4.500000	0.3600	0
343	4044	4045	0.1542	4.500000	0.0727	0
344	4044	4046	-0.2926	4.500000	-0.1379	0
345	4044	4047	-0.2626	4.500000	-0.1238	0
346	4044	4046	-0.1799	4.500000	-0.0848	0
347	4044	4040	0.8898	4.500000	0.4194	0
348	4044	4042	-1.0726	4.500000	-0.5036	0
349	4045	4046	-0.9036	4.500000	-0.4260	0
350	4045	4044	-0.3647	4.500000	-0.1719	0
351	4045	4043	2.0163	4.500000	0.9506	0
352	4045	4043	0.4802	138.901880	0.0407	1
353	4045	4042	-1.2369	4.500000	-0.5831	0
354	4045	4078	0.1309	4.500000	0.0617	0
355	4045	4074	0.7072	4.500000	0.3234	0
356	4045	4081	-0.3495	4.500000	-0.1648	0
357	4046	4045	-0.1029	4.500000	-0.0481	0
358	4046	4041	-0.2700	4.500000	-0.1233	0
359	4046	4047	-0.0272	4.500000	-0.0128	0
360	4046	4044	-0.3400	4.500000	-0.2344	0
361	4047	4043	-0.4800	4.500000	-0.2312	0
362	4047	4046	0.0832	4.500000	0.0421	0
363	4047	4041	0.5376	4.500000	0.2629	0
364	4047	4045	0.3442	4.500000	0.1623	0
365	4047	4046	-0.5004	4.500000	-0.2360	0
366	4048	4039	-0.0962	4.500000	-0.0453	0
367	4048	4037	0.0921	4.500000	0.0434	0
368	4048	4035	0.3354	4.500000	0.1581	0
369	4048	4035	-0.0879	4.500000	-0.0414	0
370	4048	4050				0

Tabla 8.4

TABLA DE RESIDUOS • HOJA 3				
NÚMERO DE SERVACIÓN	PUNTO DE ESTACION VISADO	RESIDUO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
351	4048	-0.2434	4.500000	-0.1147
352	4049	1.4317	4.500000	0.8635
353	4050	-0.3779	4.500000	-0.2724
354	4051	-0.9376	4.500000	-0.4420
355	4052	0.2605	4.500000	0.1228
356	4053	0.7240	4.500000	0.3413
357	4054	-0.4130	4.500000	-0.1947
358	4055	0.0475	4.500000	0.0224
359	4056	-0.9331	4.500000	-0.4408
360	4057	1.0854	4.500000	0.5117
361	4058	0.2514	4.500000	0.1185
362	4059	0.4147	4.500000	0.1935
363	4060	-0.7834	4.500000	-0.3693
364	4061	-0.7681	4.500000	-0.4364
365	4062	1.1327	4.500000	0.5327
366	4063	-0.6719	4.500000	-0.3483
367	4064	-0.3713	4.500000	-0.1693
368	4065	0.4586	4.500000	0.2075
369	4066	-0.2460	4.500000	-0.1114
370	4067	-0.4610	4.500000	-0.2375
371	4068	-0.0099	4.500000	-0.0047
372	4069	0.4831	4.500000	0.2287
373	4070	-0.2562	4.500000	-0.1208
374	4071	2.1196	4.500000	0.9992
375	4072	-1.1582	4.500000	-0.5460
376	4073	0.3212	4.500000	0.1514
377	4074	0.1769	4.500000	0.0343
378	4075	1.6450	4.500000	0.7755
379	4076	-0.1466	4.500000	-0.0691
380	4077	-0.2878	4.500000	-0.1357
381	4078	-0.8469	4.500000	-0.3992
382	4079	-1.2345	4.500000	-0.5820
383	4080	0.8186	4.500000	0.3859
384	4081	0.4959	4.500000	0.2338
385	4082	-0.6226	4.500000	-0.2935
386	4083	0.7026	4.500000	0.3312
387	4084	-0.9183	4.500000	-0.4329
388	4085	-0.5504	4.500000	-0.2594
389	4086	0.7618	4.500000	0.4334
390	4087	-0.1937	4.500000	-0.0862
391	4088	0.0428	4.500000	0.0202
392	4089	-0.1732	4.500000	-0.0827
393	4090	-0.1132	4.500000	-0.0544
394	4091	0.2132	4.500000	0.1019
395	4092	0.6448	4.500000	0.0211
396	4093	0.0927	4.500000	0.0437
397	4094	0.3883	4.500000	0.1831
398	4095	-0.1704	4.500000	-0.0804
399	4096	-0.9348	4.500000	-0.4501
400	4097	-0.9348	4.500000	-0.4501

Tabla 8.4

T A B L A 8 . 4 R E S I D U O S • M A J A 9					CLASE DE LA	
INVENT DE	PORTU DE	PUNTO	RESIDUO	RESIDUO	RESIDUO SIN	RESERVACION
SERVACION	ESTACION	VISADO	PONDERADO	A PRIORI	PODERAR	
431	4036	4062	0.0423	4.500000	0.0199	0
432	4037	4066	0.1473	4.500300	0.2627	0
433	4038	4070	0.1390	4.500000	0.0653	0
434	4039	4073	-0.4162	4.500000	-0.2292	0
435	4040	4075	-0.0704	4.500000	-0.0332	0
436	4041	4078	0.5180	4.500000	0.2462	0
437	4042	4082	0.4500	4.500000	0.2121	0
438	4043	4083	0.5928	4.500000	0.2764	0
439	4044	4086	0.0104	4.500000	0.0049	0
440	4045	4088	-0.4186	4.500000	-0.1973	0
441	4046	4091	-0.7350	4.500000	-0.3465	0
442	4047	4093	-0.2142	4.500000	-0.1010	0
443	4048	4096	0.5977	4.500000	0.2818	0
444	4049	4098	-0.8397	4.500000	-0.3955	0
445	4050	4101	0.4562	4.500000	0.2150	0
446	4051	4104	-0.1390	4.500000	-0.0653	0
447	4052	4107	-0.1762	4.500000	-0.0831	0
448	4053	4110	0.2501	4.500000	0.1179	0
449	4054	4113	-0.3838	4.500000	-0.1809	0
450	4055	4116	-0.1390	4.500000	-0.0653	0
451	4056	4119	0.4489	4.500000	0.2462	0
452	4057	4122	-0.1711	4.500000	-0.0807	0
453	4058	4125	-0.0730	4.500000	-0.0319	0
454	4059	4128	0.4827	4.500000	0.2277	0
455	4060	4131	-0.2571	4.500000	-0.1212	0
456	4061	4134	-0.1003	4.500000	-0.0491	0
457	4062	4137	0.1317	4.500000	0.0574	0
458	4063	4140	0.0674	4.500000	0.0035	0
459	4064	4143	0.2566	4.500000	0.1210	0
460	4065	4146	-0.1086	4.500000	-0.0512	0
461	4066	4149	-0.0394	4.500000	-0.0139	0
462	4067	4152	-0.0196	4.500000	-0.0092	0
463	4068	4155	-0.0990	4.500000	-0.0467	0
464	4069	4158	0.0990	4.500000	0.0467	0
465	4070	4161	0.1650	4.500000	0.0778	0
466	4071	4164	-0.2328	4.500000	-0.1192	0
467	4072	4167	0.0990	4.500000	0.0467	0
468	4073	4170	-0.0112	4.500000	-0.0053	0
469	4074	4173	0.1139	4.500000	0.0537	0
470	4075	4176	0.1797	4.500000	0.0867	0
471	4076	4179	-0.3125	4.500000	-0.1473	0
472	4077	4182	0.0189	4.500000	0.0089	0
473	4078	4185	-0.1608	4.500000	-0.0756	0
474	4079	4188	0.2386	4.500000	0.1122	0
475	4080	4191	-0.2224	4.500000	-0.1243	0
476	4081	4194	-0.1121	4.500000	-0.0593	0
477	4082	4197	0.5177	4.500000	0.1498	0

Tabla 8.4

TABLA DE RESIDUOS • HOJA 10				
NÚMERO DE RESERVA	ESTACIÓN VISADO	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIMARI
431	4070	4061	-0.1774	316.087140
432	4070	4071	-0.0704	4.500000
433	4070	4072	-0.1334	4.500000
434	4071	4061	0.0379	4.500000
435	4071	4072	-0.0086	4.500000
436	4071	4076	-0.1072	4.500000
437	4071	4077	0.1354	4.500000
438	4072	4076	-0.1132	4.500000
439	4072	4077	0.0538	4.500000
440	4072	4078	-0.0513	4.500000
441	4073	4073	-0.0584	4.500000
442	4073	4074	-0.2283	4.500000
443	4073	4075	-0.0324	4.500000
444	4073	4076	0.2609	4.500000
445	4073	4077	-0.8122	124.433180
446	4074	4073	-0.0034	4.500000
447	4074	4075	-0.2463	4.500000
448	4074	4076	-0.1441	4.500000
449	4074	4075	0.0594	4.500000
450	4074	4076	0.3367	4.500000
451	4075	4070	-0.1467	4.500000
452	4075	4076	-0.3423	4.500000
453	4075	4077	0.1196	4.500000
454	4075	4078	-0.0938	4.500000
455	4076	4074	-0.1382	4.500000
456	4076	4075	0.1492	4.500000
457	4076	4077	-0.1492	4.500000
458	4076	4078	0.0925	4.500000
459	4076	4079	-0.1029	4.500000
460	4077	4073	0.1216	4.500000
461	4077	4074	-0.2947	4.500000
462	4077	4075	1.8946	4.500000
463	4077	4076	-0.8769	4.500000
464	4077	4077	-0.4141	4.500000
465	4077	4078	-0.6208	4.500000
466	4077	4079	0.3063	4.500000
467	4078	4065	0.3143	4.500000
468	4078	4076	-1.0663	4.500000
469	4078	4077	0.0730	4.500000
470	4078	4078	0.7206	4.500000
471	4078	4079	-0.8854	4.500000
472	4078	4080	-0.9316	4.500000
473	4078	4081	1.1747	4.500000
474	4078	4082	1.1300	4.500000
475	4078	4083	-0.1930	4.500000
476	4078	4084	0.5183	4.500000
477	4078	4085	0.5183	4.500000
478	4078	4086	0.5183	4.500000
479	4078	4087	0.5183	4.500000
480	4078	4088	0.5183	4.500000
481	4078	4089	0.5183	4.500000
482	4078	4090	0.5183	4.500000
483	4078	4091	0.5183	4.500000
484	4078	4092	0.5183	4.500000
485	4078	4093	0.5183	4.500000
486	4078	4094	0.5183	4.500000
487	4078	4095	0.5183	4.500000
488	4078	4096	0.5183	4.500000
489	4078	4097	0.5183	4.500000
490	4078	4098	0.5183	4.500000
491	4078	4099	0.5183	4.500000
492	4078	4100	0.5183	4.500000
493	4078	4101	0.5183	4.500000
494	4078	4102	0.5183	4.500000
495	4078	4103	0.5183	4.500000
496	4078	4104	0.5183	4.500000
497	4078	4105	0.5183	4.500000
498	4078	4106	0.5183	4.500000
499	4078	4107	0.5183	4.500000
500	4078	4108	0.5183	4.500000

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S • W J A 11						
NUMERO DE RESERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PUNTO	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
501	4045	4084	-0.4718	4.500000	-0.2224	0
502	4045	4089	-1.4984	4.500000	-0.7064	0
503	4045	4088	1.7077	4.500000	0.8350	0
504	4045	4087	0.1808	4.500000	0.0852	0
505	4045	4086	-0.4366	4.500000	-0.2058	0
506	4046	4036	-1.3196	4.500000	-0.6321	0
507	4036	4039	-0.1311	4.500000	-0.0618	0
508	4036	4040	1.3281	4.500000	0.6281	0
509	4045	4044	-0.9394	4.500000	-0.4628	0
510	4045	4047	0.4815	4.500000	0.2176	0
511	4046	4084	0.9003	4.500000	0.4244	0
512	4086	4085	-0.5849	4.500000	-0.2259	0
513	4086	4088	-0.9502	4.500000	-0.4418	0
514	4089	4087	1.1572	4.500000	0.5534	0
515	4087	4086	-0.3848	4.500000	-0.1826	0
516	4087	4085	0.7682	4.500000	0.3529	0
517	4087	4038	-1.7690	4.500000	-0.8245	0
518	4087	4034	-0.6903	4.500000	-0.3254	0
519	4088	4034	2.2477	4.500000	1.0596	0
520	4038	4087	0.1022	4.500000	0.0482	0
521	4088	4086	-0.7387	4.500000	-0.3576	0
522	4088	4085	-0.0926	4.500000	-0.0437	0
523	4088	4084	-0.7306	4.500000	-0.3538	0
524	4088	4089	-0.6562	4.500000	-0.3093	0
525	4088	4092	-0.1343	4.500000	-0.0633	0
526	4088	4032	0.0424	4.500000	0.0200	0
527	4088	4085	0.2048	4.500000	0.0965	0
528	4089	4084	-0.5877	4.500000	-0.2770	0
529	4089	4090	-0.5215	4.500000	-0.2458	0
530	4089	4012	0.3440	4.500000	0.1622	0
531	4089	4092	-1.2897	4.500000	-0.6080	0
532	4089	4088	1.8501	4.500000	0.8722	0
533	4090	4084	-0.0918	4.500000	-0.0453	0
534	4090	4012	-0.4440	4.500000	-0.2093	0
535	4090	4089	0.5325	4.500000	0.2524	0
536	4090	4010	0.0862	4.500000	0.0397	0
537	4092	4032	1.2616	4.500000	0.4097	0
538	4092	4088	-1.2016	4.500000	-0.5664	0
539	4092	4085	0.4315	4.500000	0.1980	0
540	4092	4012	-1.0598	4.500000	-0.5166	0
541	4092	4110	0.2791	4.500000	0.1316	0
542	4099	4035	-0.6143	4.500000	-0.3084	0
543	4099	4033	0.4094	4.500000	0.1930	0
544	4099	4003	-0.0342	4.500000	-0.0161	0
545	4099	4009	0.5736	4.500000	0.2704	0
546	4102	4008	-0.9348	4.500000	-0.4407	0
547	4102	4006	0.3613	4.500000	0.1703	0
548	4102	4104	-0.0809	4.500000	-0.0287	0
549	4102	4102	-0.0809	4.500000	-0.0287	0
550	4104	4102	-0.0809	4.500000	-0.0287	0

Tabla 8.4

TABLA DE RESIDUOS • HOJA 12						
NUMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
551	4104	4004	0.1878	4.500000	0.0885	0
552	4104	4006	-1.0376	4.500000	-0.4691	0
553	4104	4135	-0.0823	4.500000	-0.3742	0
554	4104	4005	1.0080	4.500000	0.4742	0
555	4105	4005	-0.9158	4.500000	-0.4340	0
556	4105	4104	-0.0379	4.500000	-0.1779	0
557	4105	4006	0.2797	4.500000	0.1319	0
558	4105	4032	0.5412	4.500000	0.2551	0
559	4108	4010	-0.8974	4.500000	-0.4250	0
560	4108	4011	0.7161	4.500000	0.3376	0
561	4108	4037	-0.7245	4.500000	-0.3416	0
562	4108	4009	0.3447	4.500000	0.1719	0
563	4108	4119	0.4395	4.500000	0.2072	0
564	4110	4119	1.4212	4.500000	0.6699	0
565	4110	4011	0.1377	4.500000	0.0649	0
566	4110	4010	-0.2936	4.500000	-0.1384	0
567	4110	4092	-0.9019	4.500000	-0.4252	0
568	4110	4012	1.0077	4.500000	0.4750	0
569	4110	4015	-1.8104	4.500000	-0.8534	0
570	4116	4005	0.4470	4.500000	0.2107	0
571	4116	4031	-0.6557	4.500000	-0.3091	0
572	4116	4004	0.9036	4.500000	0.4260	0
573	4116	4017	-0.6950	4.500000	-0.3278	0
574	4118	4016	-0.2334	4.500000	-0.1100	0
575	4118	4131	-0.2521	4.500000	-0.1188	0
576	4118	4017	0.0422	4.500000	0.0213	0
577	4118	4004	0.0384	4.500000	0.0183	0
578	4119	4005	-0.1414	4.500000	-0.1987	0
579	4119	4013	0.3421	4.500000	0.1707	0
580	4119	4120	0.3368	4.500000	0.1588	0
581	4119	4122	0.3346	4.500000	0.1577	0
582	4119	4009	-0.4336	4.500000	-0.1988	0
583	4119	4005	-0.4336	4.500000	-0.2044	0
584	4119	4011	1.0176	109.747220	0.0971	1
585	4119	4110	-0.7454	4.500000	-0.3514	0
586	4119	4110	-0.0608	4.500000	-0.0286	0
587	4120	4011	-0.4157	4.500000	-0.1960	0
588	4120	4012	-0.8019	4.500000	-0.3799	0
589	4120	4013	0.9363	4.500000	0.4414	0
590	4120	4015	0.2315	4.500000	0.1091	0
591	4120	4123	-0.7435	4.500000	-0.3503	0
592	4120	4018	-0.0748	4.500000	-0.0353	0
593	4120	4122	-0.1443	4.500000	-0.0680	0
594	4120	4016	1.0771	4.500000	0.5078	0
595	4122	4119	0.5665	4.500000	0.2671	0
596	4122	4120	-0.3506	4.500000	-0.1653	0
597	4122	4123	-0.2856	4.500000	-0.1346	0
598	4122	4018	0.5610	4.500000	0.2644	0

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S • HOJA 13						
NUMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
601	4122	4130	-0.1477	4.500000	-0.0696	0
602	4122	4130	-0.1477	4.500000	-0.1620	0
603	4123	4126	0.0342	4.500000	0.0114	0
604	4123	4126	-0.0342	4.500000	-0.0163	0
605	4123	4126	-0.5767	4.500000	-0.2719	0
606	4123	4126	1.2185	4.500000	0.5744	0
607	4123	4126	0.0224	4.500000	0.0106	0
608	4123	4126	-0.7028	4.500000	-0.3313	0
609	4123	4126	0.0489	4.500000	0.0231	0
610	4124	4126	0.3012	4.500000	0.1420	0
611	4124	4126	-0.3892	4.500000	-0.1835	0
612	4124	4126	0.1390	4.500000	0.0635	0
613	4124	4126	-0.0810	4.500000	-0.0240	0
614	4125	4129	-0.0831	4.500000	-0.0382	0
615	4125	4129	0.3302	4.500000	0.1537	0
616	4125	4129	-0.4213	4.500000	-0.1786	0
617	4125	4129	0.4952	4.500000	0.2238	0
618	4125	4129	-0.2604	4.500000	-0.1218	0
619	4126	4126	-0.0206	4.500000	-0.0093	0
620	4126	4126	0.0390	4.500000	0.0137	0
621	4126	4126	2.7354	4.500000	1.3466	0
622	4126	4126	-1.9545	4.500000	-0.9358	0
623	4126	4126	0.0178	4.500000	0.0044	0
624	4126	4126	-0.4665	4.500000	-0.2159	0
625	4127	4126	1.1121	4.500000	0.5243	0
626	4127	4126	-0.6457	4.500000	-0.3044	0
627	4127	4126	0.0390	4.500000	0.0184	0
628	4128	4126	1.1285	4.500000	0.5320	0
629	4128	4126	0.1064	4.500000	0.0502	0
630	4128	4126	0.1481	4.500000	0.0698	0
631	4128	4126	-0.6118	4.500000	-0.2884	0
632	4128	4126	-0.7323	4.500000	-0.3432	0
633	4129	4126	-0.3597	4.500000	-0.1696	0
634	4129	4126	-0.2937	4.500000	-0.1385	0
635	4129	4126	0.1634	4.500000	0.0770	0
636	4129	4126	-1.4139	4.500000	-0.6462	0
637	4129	4126	0.7990	4.500000	0.3768	0
638	4129	4126	0.9987	4.500000	0.4501	0
639	4129	4126	-0.1063	4.500000	-0.0501	0
640	4129	4126	-0.2377	4.500000	-0.1120	0
641	4130	4126	-0.0177	4.500000	-0.0084	0
642	4130	4126	-0.0179	4.500000	-0.0312	0
643	4130	4126	0.9771	4.500000	0.4519	0
644	4130	4126	-1.1952	4.500000	-0.5634	0
645	4130	4126	0.5423	4.500000	0.2631	0
646	4131	4131	0.3466	4.500000	0.1728	0
647	4131	4131	1.0685	133.417780	0.0863	1
648	4131	4131				
649	4131	4131				
650	4131	4131				

Tabla 8.4

T A B L A D E R E S I D U O S * HOJA 14

NUMERO DE ESTACION	PUNTO DE ESTACION	RESIDUO PONDERADO	PESO A PUNTO	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
631	4131	-0.3747	4.500000	-0.2709	0
632	4131	-0.3122	4.500000	-0.2415	0
633	4131	0.2270	4.500000	0.2970	0
634	4131	-1.1940	4.500000	-0.9194	0
635	4131	-1.5248	4.500000	-0.7207	0
636	4131	-0.4482	4.500000	-0.2301	0
637	4132	0.3120	4.500000	0.1365	0
638	4132	-0.7193	4.500000	-0.3391	0
639	4132	0.3158	4.500000	0.1489	0
640	4132	0.3158	4.500000	0.2638	0
641	4132	0.3158	4.500000	-0.4070	0
642	4136	-0.8633	4.500000	-0.1313	0
643	4136	-0.3239	4.500000	0.3795	0
644	4136	1.2293	4.500000	-0.1934	0
645	4136	-0.4104	4.500000	0.1722	0
646	4136	0.3653	4.500000	0.1679	0
647	4137	0.3562	4.500000	0.0871	0
648	4137	0.1847	4.500000	-0.3276	0
649	4137	-0.6950	4.500000	-0.0726	0
650	4137	0.1340	4.500000	-0.4098	0
651	4138	-0.8692	4.500000	0.0885	0
652	4138	0.1878	4.500000	0.5406	0
653	4138	-1.1467	4.500000	0.8614	0
654	4138	-1.8282	4.500000	-0.2492	0
655	4139	-0.3292	4.500000	0.3204	0
656	4139	0.7366	4.500000	0.0194	0
657	4139	-0.0435	4.500000	-0.1588	0
658	4139	-0.2980	4.500000	-0.1080	0
659	4139	-0.4641	4.500000	-0.2188	0
660	4140	0.1433	4.500000	0.0676	0
661	4140	0.1420	4.500000	0.1612	0
662	4140	-0.0213	4.500000	-0.1000	0
663	4140	-0.7396	4.500000	0.3487	0
664	4141	-0.7396	4.500000	-0.3487	0
665	4141	0.6984	4.500000	0.3392	0
666	4141	0.8165	4.500000	0.3849	0
667	4142	-0.8022	4.500000	-0.3762	0
668	4142	-0.0526	4.500000	-0.0248	0
669	4142	-0.6601	4.500000	-0.3112	0
670	4142	-0.6601	4.500000	-0.3112	0

ITA * LOS RESIDUOS PONDERADOS NO TIENEN DIMENSION ANGULAR O LINEAL * LOS SIN PONDERAR, SI

Tabla 8.4

PARAMETROS CARACTERISTICOS DE ERROR	
ERROR MEDIO DE UNA OBSERVACION DE PESO UNIDAD	1.0130
ERROR MEDIO DE UNA DIRECCION (O ACINUT) DE PESO UNIDAD	1.0130 SEG. SEX.
ERROR MEDIO DE UNA DISTANCIA DE PESO UNIDAD	1.0130 METROS
SUMA DE RESIDUOS PONDERADOS	-0.3148-02
SUMA DE CUADRADOS DE RESIDUOS PONDERADOS	0.38220-03

Tabla 8.5

NUMERO VERTICE	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARAMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR	
			SEMIEJE MENOR	ORIENTACION
4059	0.2595	0.3269	0.2435	66.93
4058	0.2592	0.3261	0.2433	82.43
4057	0.2590	0.3253	0.2431	69.92
4056	0.2588	0.3245	0.2429	82.97
4055	0.2585	0.3237	0.2427	316.99
4054	0.2583	0.3229	0.2425	309.57
4053	0.2580	0.3221	0.2423	307.41
4052	0.2578	0.3213	0.2421	300.95
4051	0.2575	0.3205	0.2419	273.89
4050	0.2573	0.3197	0.2417	270.96
4049	0.2570	0.3189	0.2415	85.18
4048	0.2568	0.3181	0.2413	87.01
4047	0.2565	0.3173	0.2411	88.58
4046	0.2563	0.3165	0.2409	277.98
4045	0.2560	0.3157	0.2407	272.20
4044	0.2558	0.3149	0.2405	337.82
4043	0.2555	0.3141	0.2403	76.34
4042	0.2553	0.3133	0.2401	72.46
4041	0.2550	0.3125	0.2399	279.36
4040	0.2548	0.3117	0.2397	290.56
4039	0.2545	0.3109	0.2395	80.67
4038	0.2543	0.3101	0.2393	69.80
4037	0.2540	0.3093	0.2391	78.05
4036	0.2538	0.3085	0.2389	78.05
4035	0.2535	0.3077	0.2387	297.31
4034	0.2533	0.3069	0.2385	310.09
4033	0.2530	0.3061	0.2383	274.69
4032	0.2528	0.3053	0.2381	77.00
4031	0.2525	0.3045	0.2379	66.74
4030	0.2523	0.3037	0.2377	66.74
4029	0.2520	0.3029	0.2375	76.86
4028	0.2518	0.3021	0.2373	80.70
4027	0.2515	0.3013	0.2371	327.04
4026	0.2513	0.3005	0.2369	318.90
4025	0.2510	0.2997	0.2367	295.34
4024	0.2508	0.2989	0.2365	282.93
4023	0.2505	0.2981	0.2363	313.83
4022	0.2503	0.2973	0.2361	274.24
4021	0.2500	0.2965	0.2359	300.51
4020	0.2498	0.2957	0.2357	323.86
4019	0.2495	0.2949	0.2355	329.32
4018	0.2493	0.2941	0.2353	314.84
4017	0.2490	0.2933	0.2351	320.04
4016	0.2488	0.2925	0.2349	302.96
4015	0.2485	0.2917	0.2347	62.74
4014	0.2483	0.2909	0.2345	272.07
4013	0.2480	0.2901	0.2343	77.17
4012	0.2478	0.2893	0.2341	286.49

Tabla 9.6

Tabla 8.6 ELIPSES DE ERROR ABSOLUTAS

NUMERO VERTICE	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARAMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR		SEMIEJE ORIENTACION
			SEMIEJE MENOR	SEMIEJE MAYOR	
4044	0.1379	0.1751	0.1236	0.1992	308.40
4048	0.1830	0.1976	0.1504	0.2232	308.54
4049	0.1360	0.1732	0.1337	0.2004	300.17
4040	0.1293	0.1667	0.1206	0.1920	288.59
4037	0.1136	0.1365	0.1034	0.1427	283.59
4038	0.1047	0.1441	0.1029	0.1451	282.01
4039	0.1185	0.1712	0.1171	0.1718	300.38
4085	0.1191	0.1029	0.0937	0.1284	304.23
4087	0.0992	0.1182	0.0930	0.1183	304.85
4086	0.1220	0.1349	0.1030	0.1483	308.85
4094	0.1277	0.1294	0.0969	0.1368	308.01
4098	0.1286	0.1031	0.1071	0.1508	312.73
4035	0.1183	0.1271	0.1182	0.1548	312.38
4036	0.1143	0.1259	0.1142	0.1474	319.21
4031	0.1140	0.1337	0.1134	0.1714	319.21
4032	0.0800	0.1077	0.0764	0.0915	16.35
4034	0.0400	0.0890	0.0793	0.0495	73.42
4084	0.0637	0.0601	0.0523	0.0673	43.48
4023	0.2164	0.2932	0.2173	0.2922	86.50
4020	0.1374	0.2737	0.1949	0.2749	280.77
4132	0.1420	0.2320	0.1613	0.2320	277.05
4021	0.1356	0.2824	0.1961	0.2814	273.26
4126	0.2059	0.2575	0.1969	0.2641	69.17
4128	0.1864	0.2494	0.1813	0.2487	74.31
4022	0.2018	0.2655	0.1982	0.2677	76.52
4125	0.1818	0.2319	0.1737	0.2376	69.93
4019	0.1659	0.2520	0.1665	0.2511	48.12
4129	0.1642	0.2299	0.1626	0.2303	40.60
4130	0.1372	0.1923	0.1372	0.1920	44.56
4017	0.1642	0.2209	0.1596	0.2238	285.16
4131	0.1404	0.2030	0.1409	0.2023	272.53
4118	0.1363	0.1763	0.1314	0.1783	272.53
4004	0.1530	0.1663	0.1425	0.1942	284.77
4018	0.1699	0.2020	0.1473	0.2032	277.64
4122	0.1369	0.1713	0.1336	0.1724	74.49
4016	0.1186	0.1411	0.1174	0.1474	211.44
4141	0.1076	0.1112	0.0849	0.1196	311.18
4133	0.1042	0.0901	0.0821	0.1028	311.73
4052	0.0864	0.1923	0.0821	0.1028	311.73
4053	0.0864	0.0984	0.0891	0.2029	59.33
4051	0.1102	0.1298	0.1049	0.1051	312.44
4001	0.0751	0.0721	0.0694	0.1323	291.19
4009	0.0494	0.0678	0.0673	0.0776	326.33
4119	0.1080	0.1384	0.1041	0.0897	332.72
-4032	0.0	0.0	0.0000	0.1596	76.02
4110	0.0991	0.0943	0.0823	0.0000	0.0
4013	0.1115	0.1228	0.1005	0.1092	39.49
4120	0.1217	0.1464	0.1165	0.1513	55.04
4011	0.0773	0.0890	0.0776	0.1513	58.82
4010	0.0378	0.0623	0.0347	0.0846	272.48
				0.0630	56.74

Tabla 8.6

TABLA DE ELIPSES DE ERROR ABSOLUTAS

NUMERO VERTICE	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARAMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR		HOJA 3
			SEMIEJE MENOR	SEMIEJE MAYOR	
4092	0.0853	0.0649	0.0647	0.0855	5.88
4015	0.1231	0.1328	0.1310	0.1728	47.10
4014	0.1694	0.1335	0.1369	0.1830	36.48
4012	0.1195	0.0973	0.0896	0.1254	25.43
4089	0.1148	0.0834	0.0834	0.1148	359.87
4090	0.1795	0.1228	0.1227	0.1795	1.65
4094	0.1698	0.1206	0.1165	0.1726	345.95

Tabla 8.6

TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

N.OBS	NPE	NºV	E.M.C. PRIORI		E.M.C. POSTERIORI		E.M.C. RESIDUO	RESIDUO TIPIF.	88	MOJA		FIABILIDAD	SB
			SEG	NET	SEG	NET	PPM			RX	RB		
151	4018	4019	0.471	0.120	0.237	0.061	0.410	2.599	0.245	1.962	3.960	1.867	2 0
152	4018	4130	0.471	0.046	0.328	0.034	0.343	-1.217	0.471	3.245	4.729	2.229	2 0
153	4019	4021	0.471	0.081	0.320	0.055	0.351	1.454	0.447	3.092	4.625	2.130	2 0
154	4019	4020	0.471	0.113	0.315	0.075	0.355	0.105	0.433	3.004	4.567	2.153	2 0
155	4019	4132	0.471	0.069	0.325	0.048	0.346	1.227	0.461	3.181	4.685	2.209	2 0
156	4019	4131	0.471	0.093	0.278	0.055	0.384	3.268	0.337	2.454	4.225	1.992	2 0
157	4019	4131	0.471	0.091	0.278	0.055	0.384	3.268	0.337	2.454	4.225	1.992	2 0
158	4019	4130	0.471	0.116	0.246	0.061	0.404	-0.372	0.405	2.839	4.460	1.914	1 1
159	4019	4018	0.471	0.120	0.231	0.059	0.413	-0.789	0.264	2.061	4.010	1.890	2 0
160	4019	4129	0.471	0.070	0.298	0.044	0.369	0.257	0.232	1.891	3.926	1.851	2 0
161	4019	4022	0.471	0.094	0.320	0.064	0.350	-1.139	0.387	2.736	4.595	2.012	2 0
162	4019	4023	0.471	0.131	0.272	0.075	0.388	3.111	0.322	2.371	4.631	2.183	2 0
163	4019	4023	0.471	0.113	0.310	0.071	0.359	-0.307	0.379	2.898	4.365	1.757	2 0
164	4020	4132	0.471	0.087	0.310	0.057	0.359	-0.307	0.379	2.898	4.365	1.757	2 0
165	4020	4019	0.471	0.113	0.274	0.066	0.386	0.470	0.243	2.408	4.199	1.919	2 0
166	4020	4021	0.471	0.081	0.323	0.056	0.387	0.469	0.331	2.422	4.207	1.913	2 0
167	4020	4024	0.471	0.124	0.275	0.072	0.338	-0.447	0.499	3.430	4.898	2.290	2 0
168	4020	4023	0.471	0.096	0.328	0.052	0.378	-0.920	0.517	3.556	4.947	2.332	2 0
169	4020	4017	0.471	0.084	0.340	0.043	0.332	-0.330	0.505	3.475	4.890	2.305	2 0
170	4021	4021	0.471	0.097	0.340	0.043	0.332	-0.330	0.505	3.475	4.890	2.305	2 0
171	4021	4024	0.471	0.097	0.373	0.057	0.296	2.352	0.606	3.482	4.895	2.307	2 0
172	4021	4026	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
173	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
174	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
175	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
176	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
177	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
178	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
179	4021	4017	0.471	0.081	0.351	0.060	0.320	-0.730	0.539	3.719	5.066	2.388	2 0
180	4022	4021	0.471	0.128	0.283	0.077	0.380	-0.241	0.351	3.517	4.919	1.900	3 1
181	4022	4019	0.471	0.094	0.303	0.060	0.365	0.389	0.401	2.528	4.269	2.012	2 0
182	4022	4129	0.471	0.083	0.284	0.050	0.380	0.963	0.351	2.814	4.445	2.093	2 0
183	4022	4018	0.471	0.139	0.222	0.065	0.418	0.792	0.215	2.532	4.271	2.014	2 0
184	4022	4128	0.471	0.067	0.293	0.042	0.373	-0.943	0.374	2.661	4.349	2.050	2 0
185	4022	4126	0.471	0.117	0.235	0.063	0.399	0.660	0.284	2.166	4.065	1.916	2 0
186	4022	4127	0.471	0.067	0.344	0.049	0.328	-0.866	0.316	3.552	4.945	2.351	2 0
187	4022	4027	0.471	0.116	0.334	0.082	0.338	-1.138	0.486	3.346	4.799	2.282	2 0
188	4023	4021	0.471	0.088	0.318	0.059	0.352	1.344	0.441	3.057	4.602	2.100	2 0
189	4023	4019	0.471	0.131	0.280	0.078	0.382	0.494	0.342	2.482	4.242	1.702	2 0
190	4023	4022	0.471	0.113	0.235	0.071	0.322	-0.237	0.307	2.481	4.242	1.702	2 0
191	4023	4022	0.471	0.136	0.341	0.076	0.271	-0.521	0.209	2.481	4.242	1.702	2 0
192	4023	4027	0.471	0.076	0.397	0.061	0.290	-0.052	0.485	3.485	5.253	2.643	2 0
193	4023	4026	0.471	0.075	0.379	0.070	0.290	-0.052	0.485	3.485	5.253	2.643	2 0
194	4023	4025	0.471	0.087	0.322	0.072	0.349	-1.722	0.623	4.411	5.594	2.632	2 0
195	4023	4024	0.471	0.107	0.314	0.078	0.356	-0.430	0.430	3.125	4.648	2.191	2 0
196	4024	4021	0.471	0.084	0.311	0.074	0.341	-0.882	0.478	3.292	4.556	2.148	2 0
197	4024	4023	0.471	0.041	0.385	0.050	0.280	0.943	0.478	3.292	4.556	2.148	2 0
198	4024	4023	0.471	0.041	0.385	0.050	0.280	0.943	0.478	3.292	4.556	2.148	2 0
199	4024	4140	0.471	0.043	0.361	0.048	0.309	-1.425	0.570	3.960	5.246	2.473	2 0
200	4024	4138	0.471	0.093	0.254	0.050	0.400	2.164	0.242	2.153	4.058	1.913	2 0

Tabla 8.7

TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

N.º OBS	TIPO	IPV	E.M.C. PRIORI OBSERVACION SEG	PPM	E.M.C. POSTERIORI OBSERVACION SEG	PPM	E.M.C. RESIDUO RESIDUO TIPIF.	30	PARAMETROS FIABILIDAD	50			
								RX	RB	SB			
201	4024	4139	0.471	0.043	0.300	0.028	0.367	-0.794	0.393	2.770	4.417	2.032	2 0
202	4024	4137	0.471	0.054	0.344	0.039	0.328	-0.972	0.517	3.557	4.949	2.333	2 0
203	4024	4136	0.471	0.054	0.350	0.040	0.321	-0.904	0.537	3.701	5.033	2.382	2 0
204	4024	4020	0.471	0.124	0.276	0.072	0.385	0.728	0.332	2.425	4.209	1.984	2 0
205	4025	4023	0.471	0.087	0.354	0.065	0.314	0.070	0.466	3.771	5.104	2.406	2 0
206	4025	4026	0.471	0.094	0.391	0.073	0.272	-0.150	0.468	4.874	5.966	2.812	2 0
207	4025	4140	0.471	0.067	0.406	0.058	0.290	0.366	0.719	5.306	6.492	2.060	2 0
208	4025	4024	0.471	0.061	0.376	0.048	0.292	-0.250	0.617	4.365	5.307	2.829	2 0
209	4026	4023	0.471	0.073	0.358	0.057	0.313	-0.325	0.559	3.813	5.180	2.442	2 0
210	4026	4027	0.471	0.053	0.389	0.034	0.274	-0.007	0.662	4.816	5.919	2.790	2 0
211	4026	4025	0.471	0.035	0.419	0.031	0.228	-1.976	0.766	6.220	7.108	3.351	2 0
212	4026	4025	0.471	0.094	0.389	0.078	0.274	-2.252	0.662	4.810	5.913	2.738	2 0
213	4027	4025	0.471	0.116	0.364	0.089	0.206	-1.763	0.578	4.024	5.294	2.466	2 0
214	4027	4028	0.471	0.053	0.429	0.048	0.208	-2.393	0.804	6.976	7.778	3.667	2 0
215	4027	4024	0.471	0.073	0.375	0.063	0.266	-0.485	0.683	5.046	6.107	2.879	2 0
216	4027	4025	0.471	0.053	0.376	0.063	0.292	1.042	0.574	4.372	5.563	2.622	2 0
217	4027	4025	0.471	0.076	0.363	0.059	0.308	-0.435	0.374	3.993	5.271	2.885	2 0
218	4027	4023	0.471	0.075	0.332	0.051	0.046	-2.361	0.416	4.358	5.552	12.415	3 1
219	4028	4027	0.471	0.073	0.393	0.078	0.339	-1.337	0.481	3.314	4.777	2.252	2 0
220	4028	4029	0.471	0.094	0.393	0.078	0.268	-0.590	0.676	4.971	6.045	2.350	2 0
221	4028	4026	0.471	0.035	0.415	0.031	0.235	-2.602	0.751	5.973	6.893	3.249	2 0
222	4029	4028	0.471	0.094	0.407	0.081	0.248	-2.773	0.722	5.547	6.527	3.077	2 0
223	4029	4027	0.471	0.053	0.407	0.046	0.248	-2.773	0.722	5.547	6.527	3.077	2 0
224	4029	4027	0.471	0.056	0.333	0.040	0.015	-1.718	0.921	11.730	12.224	27.333	3 1
225	4032	4088	0.471	0.056	0.291	0.063	0.338	-0.079	0.485	3.338	4.794	2.260	2 0
226	4032	4092	0.471	0.103	0.291	0.063	0.374	-3.044	0.371	2.640	4.336	2.044	2 0
227	4032	4012	0.471	0.180	0.232	0.088	0.412	-0.857	0.235	1.904	3.932	1.853	2 0
228	4032	4010	0.471	0.086	0.293	0.054	0.373	-0.401	0.375	2.666	4.332	2.052	2 0
229	4032	4011	0.471	0.137	0.220	0.073	0.419	0.767	0.211	1.781	3.874	1.826	2 0
230	4032	4011	0.408	0.136	0.255	0.085	0.322	1.163	0.379	2.689	4.366	1.792	2 0
231	4032	4108	0.471	0.107	0.274	0.062	0.386	0.762	0.329	2.407	4.198	1.979	2 0
232	4032	4009	0.471	0.107	0.303	0.069	0.365	0.270	0.401	2.817	4.446	2.076	2 0
233	4032	4033	0.471	0.099	0.324	0.068	0.347	0.582	0.458	3.861	4.672	2.202	2 0
234	4032	4034	0.471	0.101	0.309	0.066	0.360	2.090	0.417	3.511	4.307	2.174	2 0
235	4033	4009	0.471	0.099	0.342	0.072	0.350	-0.216	0.257	2.516	3.492	2.146	2 0
236	4033	4009	0.471	0.060	0.379	0.048	0.359	-0.257	0.517	3.492	2.534	2.034	2 0
237	4033	4035	0.471	0.093	0.344	0.051	0.351	-0.527	0.317	2.682	3.898	2.109	2 0
238	4033	4142	0.471	0.119	0.248	0.062	0.403	0.567	0.268	2.083	4.022	1.896	2 0
239	4033	4037	0.471	0.086	0.308	0.054	0.340	2.357	0.416	2.900	4.500	2.121	2 0
240	4033	4037	0.471	0.096	0.322	0.067	0.348	-3.174	0.434	3.138	4.656	2.195	2 0
241	4033				0.238	0.059	0.409	1.069	0.247	1.968	3.963	1.868	2 0
242	4034	4039	0.471	0.116	0.238	0.059	0.409	0.149	0.349	2.517	4.263	2.009	2 0
243	4034	4038	0.471	0.088	0.283	0.053	0.380	0.225	0.389	2.746	4.401	9.842	3 1
244	4034	4038	0.471	0.087	0.283	0.053	0.380	0.068	0.225	2.746	4.401	9.842	3 1
245	4034	4086	0.471	0.125	0.222	0.059	0.418	0.641	0.213	1.798	3.882	1.830	2 0
246	4034	4087	0.471	0.077	0.289	0.047	0.376	-0.006	0.364	2.601	4.312	2.033	2 0
247	4034	4088	0.471	0.079	0.314	0.052	0.355	-0.158	0.432	2.998	4.563	2.151	2 0
248	4034	4032	0.471	0.101	0.293	0.063	0.373	-0.949	0.375	2.662	4.350	2.051	2 0
249	4034	4009	0.471	0.167	0.246	0.087	0.405	0.588	0.263	2.058	4.008	1.890	2 0
250	4034	4033	0.471	0.092	0.303	0.053	0.365	0.029	0.400	2.810	4.442	2.094	2 0

Tabla 8.)

TABLEA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

6

•

NPE	NPV	E.M.C. PRIORI		PPM	E.M.C. POSTERIORI		PPM	E.M.C. RESIDUO		PPM	PARAMETROS		RB	FIABILIDAD	SB
		OBSERVACION	SEG		OBSERVACION	SEG		RESIDUO TIPIF.	RESIDUO		RX	RY			
251	4034	0.471	0.064		0.305	0.042		0.363	0.052		0.406	2.842	4.462	2.104	2
252	4035	0.471	0.134		0.321	0.063		0.418	-0.046		0.213	1.772	3.879	1.828	2
253	4034	0.471	0.058		0.328	0.040		0.343	-0.391		0.471	3.243	4.728	2.259	2
254	4034	0.471	0.077		0.328	0.048		0.370	0.096		0.385	2.719	4.385	2.087	2
255	4035	0.471	0.106		0.328	0.058		0.387	0.397		0.391	2.205	4.036	1.926	2
256	4035	0.471	0.079		0.375	0.066		0.386	1.996		0.329	2.411	4.201	1.950	2
257	4034	0.471	0.134		0.196	0.036		0.430	1.832		0.168	1.544	3.771	1.777	2
258	4035	0.471	0.093		0.284	0.056		0.379	0.934		0.353	2.552	4.278	2.051	2
259	4035	0.471	0.081		0.287	0.049		0.377	1.066		0.359	2.313	4.230	1.968	2
260	4035	0.471	0.173		0.531	0.082		0.401	0.312		0.273	1.158	4.497	2.269	2
261	4035	0.471	0.077		0.358	0.054		0.374	-0.132		0.498	3.567	4.936	2.198	2
262	4035	0.471	0.115		0.344	0.085		0.354	-0.392		0.218	1.900	4.036	2.136	2
263	4035	0.471	0.135		0.231	0.078		0.413	-0.374		0.179	1.719	3.877	1.828	2
264	4037	0.471	0.077		0.301	0.069		0.267	0.685		0.213	1.719	3.877	1.828	2
265	4037	0.471	0.118		0.234	0.058		0.418	-1.303		0.253	1.930	3.304	1.832	2
266	4037	0.471	0.089		0.363	0.071		0.305	0.184		0.084	3.001	4.084	2.043	2
267	4037	0.471	0.050		0.340	0.045		0.355	0.405		0.432	3.480	4.365	2.132	2
268	4037	0.471	0.106		0.325	0.071		0.331	-0.363		0.506	3.001	4.893	2.307	2
269	4037	0.471	0.104		0.340	0.071		0.400	1.499		0.282	2.155	4.099	1.913	2
270	4037	0.471	0.081		0.350	0.081		0.361	-1.534		0.416	2.892	4.594	2.119	2
271	4037	0.471	0.036		0.308	0.046		0.415	0.943		0.225	1.855	3.908	1.892	2
272	4037	0.471	0.081		0.227	0.043		0.376	-0.934		0.263	2.597	4.310	2.032	2
273	4037	0.471	0.081		0.286	0.049		0.325	-0.358		0.526	3.621	4.994	2.324	2
274	4038	0.471	0.069		0.347	0.047	1.371	0.049	-0.355	0.479	3.300	4.767	10.659	3.1	1
275	4038	0.471	0.067	2.236	0.322	0.045		0.348	0.293	0.454	3.138	4.656	2.193	2.0	2
276	4038	0.471	0.065		0.340	0.035		0.332	0.613	0.504	3.470	4.686	2.103	2.0	2
277	4038	0.471	0.049		0.324	0.041		0.347	0.145	0.437	3.128	4.670	2.201	2.0	2
278	4038	0.471	0.081		0.310	0.033		0.359	0.063	0.420	2.926	4.316	2.159	2.0	2
279	4038	0.471	0.065		0.326	0.043		0.345	-0.303	0.464	3.203	4.700	2.216	2.0	2
280	4038	0.471	0.148		0.240	0.075		0.408	-1.133	0.251	1.990	3.974	1.873	2.0	2
281	4039	0.471	0.090		0.264	0.050		0.393	0.638	0.304	2.271	4.122	1.943	2.0	2
282	4039	0.471	0.125		0.223	0.060		0.417	-0.130	0.218	1.814	3.889	1.833	2.0	2
283	4039	0.471	0.065		0.290	0.049		0.375	0.368	0.368	2.627	4.328	2.040	2.0	2
284	4039	0.471	0.065		0.290	0.049		0.408	1.398	0.249	1.981	3.970	1.871	2.0	2
285	4039	0.471	0.116		0.312	0.037		0.358	1.303	0.423	2.953	4.353	2.258	2.0	2
286	4039	0.471	0.056		0.259	0.082		0.396	-0.256	0.293	2.213	4.071	1.761	2.0	2
287	4039	0.471	0.108		0.332	0.076		0.340	2.101	0.481	3.402	4.705	2.122	2.0	2
288	4039	0.471	0.085		0.309	0.052		0.360	0.416	0.360	2.916	4.344	1.943	2.0	2
289	4039	0.471	0.114		0.270	0.089		0.376	-1.652	0.271	2.527	4.394	1.943	2.0	2
290	4039	0.471	0.074		0.320	0.061		0.316	0.144	0.404	3.131	4.443	2.119	2.0	2
291	4040	0.471	0.078		0.301	0.040		0.361	-1.144	0.404	2.841	4.462	2.103	2.0	2
292	4040	0.471	0.065		0.308	0.043		0.361	0.361	0.413	2.886	4.591	2.117	2.0	2
293	4040	0.471	0.078		0.308	0.043		0.361	0.361	0.413	2.886	4.591	2.117	2.0	2
294	4040	0.471	0.078		0.308	0.043		0.361	0.361	0.413	2.886	4.591	2.117	2.0	2
295	4040	0.471	0.134		0.238	0.048		0.409	0.321	0.248	1.974	3.966	1.870	2.0	2
296	4040	0.471	0.090		0.281	0.064		0.381	0.381	0.248	1.974	3.966	1.870	2.0	2
297	4040	0.471	0.090		0.281	0.064		0.381	0.381	0.248	1.974	3.966	1.870	2.0	2
298	4040	0.471	0.103		0.295	0.064		0.371	-0.374	0.380	2.691	4.367	2.039	2.0	2
299	4040	0.471	0.089		0.306	0.038		0.362	-0.362	0.410	2.866	4.377	2.111	2.0	2
300	4040	0.471	0.089		0.306	0.038		0.362	-0.362	0.410	2.866	4.377	2.111	2.0	2
301	4041	0.471	0.087	2.236	0.346	0.033	1.372	0.049	1.030	0.365	3.599	4.979	9.636	3.1	1
302	4041	0.471	0.072		0.346	0.033		0.326	-0.326	0.523	3.599	4.979	9.636	3.1	1

Tabla 8.7

7
TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

N.º OBS	N.º E	N.º P	N.º V	E. M. C. PRIORI OBSERVACION SEG	E. M. C. POSTERIORI OBSERVACION SEG	E. M. C. RESIDUO RESIDUO TIPIF. PPM	8B	PAYMETR'S FIABILIDAD RB	5B
301	4041	4052	0.471	0.072	0.347	0.093	0.325	3.620	2.354
302	4041	4042	0.471	0.054	0.343	0.067	0.319	3.572	2.328
303	4041	4043	0.471	0.103	0.296	0.065	0.382	2.706	2.375
304	4041	4039	0.471	0.116	0.306	0.075	0.371	2.851	2.300
305	4041	4049	0.471	0.062	0.338	0.046	0.408	2.451	2.460
306	4042	4044	0.471	0.116	0.240	0.059	0.353	1.956	3.977
307	4042	4040	0.471	0.059	0.284	0.053	0.353	2.536	2.274
308	4042	4039	0.471	0.144	0.252	0.079	0.377	2.127	2.013
309	4042	4041	0.471	0.064	0.335	0.048	0.384	3.336	2.045
310	4042	4042	0.471	0.087	0.325	0.063	0.340	3.047	2.258
311	4042	4042	0.471	0.156	0.275	0.093	0.355	4.595	2.166
312	4042	4037	0.471	0.133	0.275	0.093	0.331	2.419	1.982
313	4042	4043	0.471	0.100	0.313	0.069	0.331	2.563	2.593
314	4042	4043	0.471	0.045	0.296	0.082	0.429	2.980	2.146
315	4042	4043	0.471	0.045	0.290	0.040	0.383	2.709	2.064
316	4043	4046	0.471	0.072	0.340	0.032	0.391	2.625	2.040
317	4043	4046	0.471	0.060	0.333	0.042	0.306	3.479	2.306
318	4043	4040	0.471	0.074	0.338	0.035	0.339	3.336	2.258
319	4043	4040	0.471	0.072	0.338	0.046	0.333	3.439	2.293
320	4043	4042	0.471	0.065	0.346	0.048	0.502	2.823	4.450
321	4043	4043	0.471	0.087	0.363	0.067	0.524	3.611	4.987
322	4044	4043	0.471	0.060	0.312	0.040	0.307	3.997	2.351
323	4044	4043	0.471	0.119	0.273	0.069	0.375	3.274	2.486
324	4044	4046	0.471	0.058	0.387	0.069	0.426	2.966	4.942
325	4044	4047	0.471	0.066	0.340	0.042	0.326	2.394	4.191
326	4044	4046	0.471	0.065	0.365	0.051	0.305	3.483	4.896
327	4044	4040	0.471	0.065	0.350	0.046	0.382	4.059	5.321
328	4044	4042	0.471	0.116	0.324	0.044	0.336	3.697	5.050
329	4045	4046	0.471	0.074	0.255	0.063	0.437	3.158	4.670
330	4045	4044	0.471	0.119	0.309	0.049	0.284	2.165	4.065
331	4045	4043	0.471	0.087	0.245	0.062	0.423	2.910	4.506
332	4045	4043	0.471	0.085	0.289	0.053	0.262	2.052	4.006
333	4045	4042	0.471	0.130	0.260	0.061	0.366	2.611	4.006
334	4045	4048	0.471	0.107	0.270	0.074	0.317	3.420	4.211
335	4045	4048	0.471	0.099	0.320	0.073	0.317	3.320	4.224
336	4045	4041	0.471	0.071	0.382	0.050	0.444	5.087	4.422
337	4046	4043	0.471	0.074	0.369	0.058	0.438	4.569	5.719
338	4046	4047	0.471	0.052	0.405	0.046	0.631	4.695	5.820
339	4046	4047	0.471	0.052	0.381	0.046	0.510	4.180	5.414
340	4046	4044	0.471	0.058	0.344	0.043	0.508	5.480	6.470
341	4046	4046	0.471	0.072	0.332	0.051	0.633	4.519	5.680
342	4046	4043	0.471	0.066	0.326	0.046	0.518	3.564	4.953
343	4047	4046	0.471	0.062	0.334	0.046	0.481	3.314	4.777
344	4047	4041	0.471	0.090	0.334	0.046	0.488	3.200	4.698
345	4047	4043	0.471	0.096	0.373	0.071	0.488	3.337	4.806
346	4047	4046	0.471	0.084	0.347	0.057	0.524	4.291	5.500
347	4048	4039	0.471	0.108	0.317	0.057	0.525	3.612	4.988
348	4048	4037	0.471	0.104	0.290	0.067	0.438	3.036	4.588
349	4048	4035	0.471	0.115	0.303	0.067	0.369	2.628	4.329
350	4048	4050	0.471	0.122	0.363	0.094	0.402	2.818	4.447
							0.592	4.140	5.383
							0.307	4.002	5.277
							0.375	4.002	2.488

Tabla 8.7

TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

9

NÚM.	P2V	E.M.C. PRIORI OBSERV. SEG	E.M.C. POSTERIORI OBSERV. SEG	PPM	E.M.C. RESIDUO RESIDUO TIPIF.	SB	PARAMETROS RX	FIABILIDAD RS	SB				
401	4054	4062	0.471	0.082	0.329	0.057	0.343	0.058	0.472	3.250	4.732	2.231	2 0
402	4054	4066	0.471	0.098	0.373	0.077	0.296	0.889	0.607	4.272	5.485	2.585	2 0
403	4057	4060	0.471	0.077	0.423	0.069	0.220	0.298	0.782	6.521	7.373	3.476	2 0
404	4057	4070	0.471	0.132	0.272	0.076	0.388	-0.591	0.222	2.372	4.179	1.970	2 0
405	4057	4073	0.471	0.103	0.302	0.066	0.266	-0.091	0.397	2.793	4.331	2.089	2 0
406	4057	4078	0.471	0.097	0.312	0.064	0.357	0.683	0.425	2.960	4.338	2.139	2 0
407	4057	4082	0.471	0.156	0.262	0.037	0.394	0.538	0.300	2.254	4.113	1.939	2 0
408	4057	4083	0.471	0.106	0.306	0.069	0.362	0.772	0.410	2.868	4.479	2.111	2 0
409	4057	4086	0.471	0.102	0.333	0.072	0.359	0.013	0.483	3.328	4.786	2.636	2 0
410	4057	4098	0.471	0.090	0.377	0.072	0.290	-0.680	0.621	4.006	5.290	2.823	2 0
411	4057	4061	0.471	0.132	0.317	0.089	0.353	-0.590	0.438	3.036	4.779	2.633	2 0
412	4058	4037	0.471	0.093	0.356	0.068	0.315	-0.321	0.225	3.820	5.185	2.430	2 0
413	4058	4056	0.471	0.087	0.356	0.065	0.315	-0.889	0.283	2.164	2.429	2.429	2 0
414	4058	4064	0.471	0.114	0.353	0.093	0.276	-1.795	0.682	3.053	5.992	2.873	2 0
415	4058	4066	0.471	0.136	0.252	0.110	0.376	-0.298	0.670	4.907	5.992	2.873	2 0
416	4058	4081	0.471	0.077	0.423	0.094	0.220	-0.298	0.782	6.521	7.373	3.476	2 0
417	4060	4081	0.471	0.080	0.360	0.104	0.220	-0.267	0.782	6.521	7.373	3.476	2 0
418	4081	4058	0.471	0.126	0.352	0.060	0.311	-0.370	0.542	3.743	5.084	2.397	2 0
419	4081	4071	0.471	0.089	0.336	0.093	0.315	-0.574	0.553	3.624	5.144	2.425	2 0
420	4081	4080	0.471	0.087	0.423	0.054	0.220	-0.298	0.782	6.521	7.373	3.476	2 0
421	4081	4057	0.471	0.140	0.313	0.088	0.257	-0.593	0.427	2.971	4.545	2.143	2 0
422	4081	4063	0.471	0.069	0.399	0.058	0.260	-0.310	0.696	5.208	6.242	2.942	2 0
423	4083	4053	0.471	0.142	0.388	0.056	0.275	-0.134	0.659	4.783	5.891	2.777	2 0
424	4083	4066	0.471	0.067	0.313	0.059	0.339	0.672	0.483	3.327	4.786	2.256	2 0
425	4083	4036	0.471	0.082	0.251	0.087	0.401	0.943	0.275	2.119	4.040	1.905	2 0
426	4083	4032	0.471	0.164	0.291	0.051	0.347	-0.349	0.458	3.165	4.674	2.203	2 0
427	4083	4053	0.471	0.050	0.324	0.035	0.405	-1.059	0.260	2.042	4.000	1.896	2 0
428	4083	4033	0.471	0.104	0.244	0.054	0.327	0.175	0.518	3.566	4.956	2.536	2 0
429	4083	4034	0.471	0.089	0.344	0.065	0.387	0.013	0.635	4.744	5.860	2.763	2 0
430	4083	4063	0.471	0.067	0.387	0.055	0.277	0.013	0.635	4.744	5.860	2.763	2 0
431	4083	4063	0.471	0.044	0.396	0.037	0.264	0.498	0.685	5.076	6.133	2.891	2 0
432	4083	4062	0.471	0.067	0.358	0.051	0.312	-0.164	0.561	3.889	5.192	2.448	2 0
433	4083	4053	0.471	0.137	0.287	0.084	0.377	-0.037	0.561	3.889	5.192	2.448	2 0
434	4083	4054	0.471	0.083	0.394	0.064	0.317	-0.059	0.547	3.782	5.113	2.410	2 0
435	4083	4064	0.471	0.035	0.428	0.031	0.211	-0.221	0.799	6.867	7.881	3.621	2 0
436	4084	4063	0.471	0.031	0.428	0.028	0.211	-0.221	0.799	6.867	7.881	3.621	2 0
437	4084	4063	0.471	0.031	0.428	0.031	0.211	-0.221	0.799	6.867	7.881	3.621	2 0
438	4085	4063	0.471	0.069	0.365	0.055	0.305	-0.253	0.583	4.065	5.323	2.810	2 0
439	4085	4063	0.471	0.044	0.397	0.037	0.263	-0.451	0.686	2.108	5.138	2.821	2 0
440	4085	4064	0.471	0.044	0.428	0.028	0.211	-0.221	0.799	6.867	7.881	3.621	2 0
441	4085	4066	0.471	0.081	0.396	0.066	0.263	-0.059	0.547	3.782	5.113	2.410	2 0
442	4086	4056	0.471	0.114	0.382	0.092	0.335	-0.059	0.547	3.782	5.113	2.410	2 0
443	4086	4056	0.471	0.087	0.351	0.071	0.314	-0.256	0.508	3.491	4.902	2.311	2 0
444	4086	4082	0.471	0.084	0.403	0.047	0.255	-0.443	0.704	3.356	6.366	3.001	2 0
445	4086	4082	0.471	0.073	0.317	0.032	0.334	-0.227	0.497	3.421	4.831	2.287	2 0
446	4086	4070	0.471	0.073	0.314	0.032	0.356	-0.316	0.430	2.983	4.555	2.147	2 0
447	4086	4078	0.471	0.077	0.258	0.079	0.397	0.264	0.291	2.203	4.086	1.926	2 0
448	4070	4078	0.471	0.143	0.314	0.088	0.356	-0.546	0.529	2.984	4.554	2.147	2 0
449	4070	4037	0.471	0.132	0.314	0.088	0.356	-0.546	0.529	2.984	4.554	2.147	2 0
450	4070	4081	0.471	0.037	0.381	0.046	0.285	0.525	0.634	4.531	5.489	2.682	2 0

Tabla 8.7

TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

N.º OBS	VPE	NPV	E.M.C. PRIORI			E.M.C. POSTERIORI			E.M.C. RESIDUO			PARAMETROS FIABILIDAD		
			SEG	MET	PPM	SEG	MET	PPM	RESIDUO TIPIC.	88	13	RA	RB	SS
431	4070	4061	0.471	0.056	2.236	0.380	0.049	1.333	0.029	-0.329	0.725	3.592	6.566	14.681
432	4070	4071	0.471	0.060		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
433	4070	4072	0.471	0.105		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
434	4070	4073	0.471	0.083		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
435	4071	4061	0.471	0.083		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
436	4071	4072	0.471	0.072		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
437	4071	4073	0.471	0.083		0.312	0.070		0.287	-0.116	0.630	4.485	5.632	14.681
438	4072	4061	0.471	0.059		0.337	0.043		0.334	-0.221	0.497	3.421	4.851	2.276
439	4072	4072	0.471	0.105		0.342	0.043		0.330	-0.162	0.510	3.508	4.913	2.316
440	4072	4073	0.471	0.072		0.297	0.066		0.369	-0.139	0.386	2.727	4.390	2.069
441	4073	4061	0.471	0.072		0.370	0.056		0.299	-0.085	0.598	4.197	5.427	2.958
442	4073	4072	0.471	0.078		0.393	0.036		0.268	-0.103	0.676	4.966	6.021	2.848
443	4073	4073	0.471	0.064		0.356	0.048		0.315	-0.342	0.553	3.826	5.183	2.425
444	4074	4061	0.471	0.078		0.397	0.065		0.263	-0.058	0.688	5.105	6.156	2.902
445	4074	4072	0.471	0.092		0.392	0.076		0.270	-0.455	0.671	4.917	6.001	2.829
446	4074	4073	0.471	0.090		0.392	0.077	1.322	0.048	-1.527	0.717	5.474	6.463	14.458
447	4074	4074	0.471	0.092	2.236	0.386	0.075		0.278	-0.009	0.632	4.709	5.832	2.749
448	4074	4075	0.471	0.099		0.390	0.082		0.273	-0.426	0.664	4.841	5.938	2.799
449	4074	4076	0.471	0.096		0.346	0.071		0.326	-0.209	0.522	3.597	4.977	2.346
450	4074	4077	0.471	0.074		0.349	0.055		0.322	-0.087	0.533	3.678	5.036	2.374
451	4074	4078	0.471	0.089		0.346	0.066		0.325	-0.488	0.524	3.610	4.946	2.374
452	4075	4061	0.471	0.077		0.361	0.059		0.309	-0.224	0.530	3.462	4.747	2.374
453	4075	4072	0.471	0.088		0.349	0.065		0.322	-0.501	0.533	3.676	5.036	2.374
454	4075	4073	0.471	0.074		0.366	0.057		0.304	-0.266	0.585	4.083	5.359	2.374
455	4075	4074	0.471	0.070		0.360	0.053		0.311	-0.182	0.586	3.825	5.259	2.374
456	4075	4075	0.471	0.103		0.359	0.077		0.313	-0.145	0.522	3.825	5.259	2.374
457	4076	4061	0.471	0.089		0.347	0.064		0.323	-0.203	0.521	3.825	5.259	2.374
458	4076	4072	0.471	0.088		0.342	0.063		0.323	-0.203	0.521	3.825	5.259	2.374
459	4076	4073	0.471	0.073		0.361	0.062		0.309	-0.143	0.570	3.939	5.233	2.472
460	4076	4074	0.471	0.064		0.397	0.069		0.273	-0.035	0.644	4.835	5.934	2.792
461	4076	4075	0.471	0.066		0.321	0.044		0.263	-0.580	0.688	5.104	6.155	2.901
462	4076	4076	0.471	0.074		0.360	0.074		0.250	-0.139	0.449	3.105	4.634	2.185
463	4076	4077	0.471	0.084		0.370	0.084		0.311	-1.099	0.566	3.930	5.223	2.462
464	4076	4078	0.471	0.070		0.319	0.070		0.299	-0.464	0.597	4.185	5.416	2.553
465	4076	4079	0.471	0.104		0.351	0.081		0.351	-1.201	0.443	4.078	4.616	2.176
466	4076	4080	0.471	0.120		0.304	0.078		0.264	-2.408	0.404	2.830	4.454	2.100
467	4076	4081	0.471	0.097		0.334	0.064		0.338	-1.223	0.486	3.345	4.798	2.262
468	4076	4082	0.471	0.143		0.263	0.081		0.285	-0.496	0.303	2.267	4.120	1.942
469	4081	4061	0.471	0.090		0.381	0.073		0.285	-1.027	0.635	4.532	5.690	2.682
470	4081	4066	0.471	0.044		0.354	0.040		0.317	-0.455	0.546	3.776	5.108	2.408
471	4081	4067	0.471	0.071		0.404	0.061		0.253	-0.585	0.711	5.402	6.404	3.019
472	4081	4068	0.471	0.081		0.376	0.065		0.292	-1.723	0.617	4.202	5.358	2.620
473	4081	4069	0.471	0.078		0.370	0.061		0.299	-0.115	0.598	4.200	5.439	2.559
474	4081	4070	0.471	0.190		0.272	0.109		0.388	0.875	0.322	2.373	4.179	1.970
475	4081	4071	0.471	0.090		0.306	0.059		0.262	-1.152	0.409	2.861	4.475	2.109
476	4081	4072	0.471	0.143		0.223	0.079		0.416	-1.079	0.222	1.437	3.900	1.838
477	4081	4073	0.471	0.081		0.293	0.050		0.373	-1.485	0.374	2.660	4.349	2.050
478	4081	4074	0.471	0.121		0.238	0.061		0.409	-1.302	0.247	1.970	3.964	1.869
479	4081	4075	0.471	0.140		0.253	0.075		0.400	-0.230	0.280	2.145	4.034	1.911
480	4081	4076	0.471	0.096		0.347	0.071		0.324	-0.753	0.526	3.625	4.598	2.356

Tabla 8.7

11 TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES * MOJA

NPE	CV	E.M.C. PRIORI CONSERVACION SEG	PP4	E.M.C. POSTERIORI OBSERVACION SEG	PPM	E.M.C. RESIDUO RESIDUO TIPIF.	08	PARAMETROS FIABILIDAD MX	RB	SB	
4085	4084	0.471	0.081	0.359	0.062	0.311	-0.714	0.564	3.909	3.207	2.455
4085	4089	0.471	0.071	0.353	0.053	0.318	-2.213	0.546	3.752	3.595	2.401
4085	4088	0.471	0.093	0.354	0.063	0.338	-2.382	0.486	3.345	4.798	2.262
4085	4087	0.471	0.067	0.351	0.047	0.340	-0.251	0.479	3.300	4.767	2.247
4085	4086	0.471	0.064	0.327	0.044	0.344	-0.598	0.467	3.219	4.711	2.221
4086	4088	0.471	0.063	0.295	0.041	0.371	-1.676	0.380	2.692	4.368	2.059
4086	4089	0.471	0.123	0.237	0.064	0.409	-0.151	0.246	1.963	3.961	1.867
4086	4084	0.471	0.073	0.357	0.043	0.370	-1.692	0.384	2.718	4.384	2.067
4086	4084	0.471	0.063	0.322	0.043	0.348	-1.271	0.434	3.630	4.653	2.194
4086	4084	0.471	0.084	0.350	0.063	0.332	-0.677	0.535	3.690	5.043	2.378
4086	4084	0.471	0.121	0.304	0.078	0.364	-1.165	0.403	2.824	4.451	2.098
4086	4085	0.471	0.064	0.323	0.044	0.347	-0.739	0.437	3.154	4.667	2.200
4086	4088	0.471	0.135	0.246	0.073	0.406	-1.104	0.259	2.034	3.996	1.884
4086	4087	0.471	0.043	0.328	0.033	0.344	-1.640	0.469	2.432	4.720	2.223
4086	4085	0.471	0.043	0.358	0.037	0.312	-0.585	0.561	3.869	5.192	2.446
4087	4085	0.471	0.067	0.348	0.049	0.323	-0.051	0.530	3.653	5.128	2.360
4087	4086	0.471	0.095	0.328	0.067	0.343	-0.971	0.481	3.415	4.423	2.258
4087	4088	0.471	0.077	0.337	0.055	0.355	-2.963	0.496	4.121	5.973	2.532
4087	4086	0.471	0.043	0.367	0.036	0.302	-1.078	0.580	4.173	5.973	2.532
4087	4088	0.471	0.079	0.323	0.059	0.237	-0.233	0.546	3.752	4.611	2.269
4088	4087	0.471	0.093	0.357	0.056	0.384	-0.125	0.336	2.449	4.923	1.991
4088	4086	0.471	0.135	0.277	0.056	0.414	-0.865	0.230	1.882	3.221	1.858
4088	4085	0.471	0.198	0.280	0.058	0.382	-0.114	0.333	2.487	4.245	2.001
4088	4084	0.471	0.165	0.237	0.083	0.409	-0.865	0.246	1.966	3.962	1.868
4088	4089	0.471	0.091	0.316	0.061	0.354	-0.874	0.246	3.028	4.583	2.160
4088	4082	0.471	0.090	0.347	0.067	0.324	-0.195	0.237	3.427	4.999	2.357
4088	4085	0.471	0.056	0.360	0.043	0.311	-0.064	0.266	3.927	5.220	2.461
4088	4084	0.471	0.071	0.345	0.052	0.327	-0.293	0.266	3.569	4.937	2.337
4089	4084	0.471	0.090	0.359	0.069	0.312	-0.888	0.266	3.899	5.199	2.451
4089	4084	0.471	0.085	0.400	0.072	0.258	-0.953	0.700	5.298	6.283	2.962
4089	4084	0.471	0.126	0.339	0.091	0.333	-0.988	0.502	3.437	4.877	2.259
4089	4082	0.471	0.066	0.335	0.047	0.336	-1.807	0.491	3.375	4.819	2.272
4089	4088	0.471	0.091	0.343	0.066	0.359	-2.651	0.513	3.331	4.930	2.334
4090	4084	0.471	0.078	0.399	0.066	0.261	-0.166	0.694	5.181	6.219	2.932
4090	4084	0.471	0.124	0.385	0.101	0.275	-0.759	0.694	5.181	6.219	2.932
4090	4089	0.471	0.085	0.359	0.065	0.312	-0.810	0.582	3.999	5.199	2.451
4090	4082	0.471	0.082	0.314	0.061	0.356	-1.118	0.362	3.899	4.356	2.184
4092	4082	0.471	0.103	0.301	0.066	0.367	-1.118	0.366	2.782	4.728	2.086
4092	4088	0.471	0.090	0.326	0.063	0.343	-1.653	0.362	3.899	5.199	2.451
4092	4089	0.471	0.066	0.368	0.052	0.301	-2.321	0.362	3.899	5.199	2.451
4092	4084	0.471	0.085	0.341	0.062	0.330	-0.602	0.362	3.899	5.199	2.451
4092	4084	0.471	0.116	0.354	0.064	0.362	-1.426	0.362	3.899	5.199	2.451
4092	4084	0.471	0.098	0.306	0.064	0.317	-0.415	0.362	3.899	5.199	2.451
4092	4084	0.471	0.077	0.354	0.087	0.274	-1.127	0.663	4.826	5.926	2.794
4092	4084	0.471	0.060	0.368	0.047	0.301	-0.651	0.532	4.144	5.366	2.539
4099	4084	0.471	0.099	0.329	0.069	0.342	-0.994	0.473	3.261	4.740	2.255
4102	4088	0.471	0.056	0.362	0.059	0.272	-0.994	0.657	4.973	5.965	2.812
4102	4086	0.471	0.077	0.362	0.059	0.309	-1.428	0.571	3.970	5.253	2.476
4102	4104	0.471	0.047	0.401	0.040	0.258	-0.661	0.701	5.268	6.291	2.966
4102	4104	0.471	0.047	0.379	0.038	0.288	-0.100	0.636	4.952	5.626	2.652

Tabla 8.7

TABLA DE ERRORES DE OBSERVACIONES

NPE	NPV	E.M.C. PRIORI		PPM	E.M.C. POSTERIORI		PPM	E.M.C. RESIDUO		PPM	PARAMETROS FIABILIDAD	
		OBSERVACION	SEG		OBSERVACION	SEG		RESIDUO TIPIF.	RA		RB	SB
551	4308	0.471	0.098		0.299	0.062		0.368	0.241	0.381	2.754	4.407
552	4006	0.471	0.085		0.321	0.358		0.330	-1.93	0.436	1.113	2.077
553	4304	0.471	0.095		0.316	0.060		0.354	0.127	0.436	1.023	4.980
554	4003	0.471	0.085		0.317	0.100		0.329	0.149	0.438	1.038	4.980
555	4305	0.471	0.085		0.383	0.073		0.280	0.125	0.648	4.664	2.712
556	4304	0.471	0.090		0.383	0.073		0.282	0.125	0.642	4.607	2.710
557	4305	0.471	0.087		0.361	0.051		0.309	-0.058	0.578	3.957	2.472
558	4305	0.471	0.087		0.367	0.042		0.303	0.436	0.580	4.066	2.525
559	4308	0.471	0.107		0.311	0.110		0.338	0.071	0.423	2.946	2.135
560	4308	0.471	0.090		0.321	0.055		0.350	-1.209	0.449	3.106	4.635
561	4001	0.471	0.080		0.331	0.056		0.340	0.092	0.479	3.301	4.768
562	4308	0.471	0.059		0.366	0.046		0.303	0.586	0.490	5.258	2.519
563	4308	0.471	0.067		0.359	0.051		0.311	0.552	0.564	3.909	5.207
564	4110	0.471	0.069		0.311	0.046		0.338	0.378	0.423	2.944	2.455
565	4110	0.471	0.115		0.271	0.066		0.403	1.664	0.270	2.094	2.134
566	4110	0.471	0.115		0.312	0.058		0.368	0.167	0.322	2.369	4.177
567	4110	0.471	0.089		0.303	0.063		0.353	-0.381	0.407	2.820	4.867
568	4110	0.471	0.098		0.312	0.068		0.368	1.199	0.423	2.198	2.198
569	4110	0.471	0.061		0.350	0.045		0.321	1.175	0.353	3.583	2.379
570	4114	0.471	0.114		0.318	0.077		0.352	0.442	0.516	3.052	4.603
571	4116	0.471	0.105		0.346	0.077		0.339	0.732	0.484	3.551	4.944
572	4116	0.471	0.086		0.353	0.057		0.319	1.154	0.484	3.333	4.790
573	4116	0.471	0.090		0.375	0.092		0.287	-1.104	0.604	4.488	5.154
574	4116	0.471	0.059		0.341	0.050		0.331	0.333	0.507	3.490	4.900
575	4118	0.471	0.085		0.325	0.059		0.346	-0.347	0.462	3.190	4.692
576	4118	0.471	0.085		0.332	0.064		0.319	0.337	0.541	3.738	5.080
577	4118	0.471	0.077		0.365	0.064		0.305	0.060	0.581	4.050	5.314
578	4118	0.471	0.088		0.349	0.064		0.339	0.405	0.516	3.460	4.936
579	4118	0.471	0.082		0.290	0.050		0.375	-0.241	0.367	2.620	2.327
580	4119	0.471	0.080		0.308	0.053		0.361	0.473	0.414	2.894	4.495
581	4120	0.471	0.080		0.315	0.053		0.359	0.476	0.506	3.007	4.569
582	4119	0.471	0.080		0.340	0.041		0.331	0.476	0.506	3.483	4.896
583	4119	0.471	0.036		0.281	0.063		0.382	0.416	0.534	2.993	4.248
584	4119	0.471	0.109		0.299	0.062		0.368	-0.35	0.390	2.751	4.904
585	4119	0.471	0.098		0.299	0.062		0.368	-0.35	0.390	2.751	4.904
586	4119	0.471	0.095	2.236	0.253	0.074	1.378	0.400	-0.75	0.419	2.510	2.910
587	4119	0.471	0.138		0.282	0.048		0.421	-0.75	0.419	2.510	2.910
588	4120	0.471	0.147		0.226	0.071		0.471	0.127	0.419	2.510	2.910
589	4120	0.471	0.147		0.226	0.071		0.471	0.127	0.419	2.510	2.910
590	4120	0.471	0.132		0.236	0.053		0.401	1.101	0.276	3.495	4.044
591	4120	0.471	0.085		0.256	0.053		0.412	0.350	0.348	3.888	5.049
592	4120	0.471	0.086		0.236	0.066		0.322	-1.090	0.535	3.688	5.049
593	4120	0.471	0.128		0.279	0.051		0.417	-0.177	0.359	2.463	1.994
594	4120	0.471	0.086		0.229	0.061		0.417	1.217	0.217	1.812	3.888
595	4120	0.471	0.128		0.229	0.061		0.417	1.217	0.217	1.812	3.888
596	4120	0.471	0.080		0.304	0.051		0.364	0.734	0.405	2.837	4.459
597	4122	0.471	0.086		0.329	0.060		0.362	-0.483	0.473	3.262	4.741
598	4122	0.471	0.086		0.329	0.060		0.362	-0.483	0.473	3.262	4.741
599	4122	0.471	0.081		0.353	0.063		0.338	-0.25	0.544	3.757	5.060
600	4122	0.471	0.051		0.351	0.038		0.330	0.425	0.538	3.711	5.060

Tabla 8.7

TABLA DE ERRORES DE LAS SERVICIONES • HOJA 13

N.º OBS	N.º PE	N.º PV	E.M.C. PRIMARI OBSERVACION MET	E.M.C. PRIMARI OBSERVACION MET	E.M.C. POSTERIORI OBSERVACION MET	E.M.C. RESIDUO RESIDUO TIPIF.	9B	9A	FIABILIDAD 9B	9A	9B
601	4122	4130	0.471	0.052	0.337	0.334	-0.208	0.497	3.417	4.849	2.286
602	4122	4130	0.471	0.052	0.301	0.366	-0.442	0.396	2.786	4.427	2.087
603	4122	4130	0.471	0.052	0.266	0.392	-0.507	0.310	2.305	4.141	1.932
604	4122	4130	0.471	0.052	0.285	0.379	-0.483	0.354	2.545	4.279	2.017
605	4122	4130	0.471	0.052	0.295	0.369	-0.473	0.380	2.691	4.368	2.059
606	4122	4130	0.471	0.052	0.305	0.364	-0.463	0.405	2.836	4.460	2.102
607	4122	4130	0.471	0.052	0.322	0.359	-0.453	0.432	2.981	4.552	2.145
608	4122	4130	0.471	0.052	0.337	0.354	-0.443	0.457	3.126	4.645	2.188
609	4122	4130	0.471	0.052	0.355	0.349	-0.433	0.482	3.271	4.738	2.231
610	4122	4130	0.471	0.052	0.368	0.344	-0.423	0.507	3.416	4.830	2.274
611	4122	4130	0.471	0.052	0.386	0.339	-0.413	0.532	3.561	4.922	2.317
612	4122	4130	0.471	0.052	0.404	0.334	-0.403	0.557	3.706	5.014	2.360
613	4122	4130	0.471	0.052	0.422	0.329	-0.393	0.582	3.851	5.106	2.403
614	4122	4130	0.471	0.052	0.440	0.324	-0.383	0.607	3.996	5.198	2.446
615	4122	4130	0.471	0.052	0.458	0.319	-0.373	0.632	4.141	5.290	2.489
616	4122	4130	0.471	0.052	0.476	0.314	-0.363	0.657	4.286	5.382	2.532
617	4122	4130	0.471	0.052	0.494	0.309	-0.353	0.682	4.431	5.474	2.575
618	4122	4130	0.471	0.052	0.512	0.304	-0.343	0.707	4.576	5.566	2.618
619	4122	4130	0.471	0.052	0.530	0.299	-0.333	0.732	4.721	5.658	2.661
620	4122	4130	0.471	0.052	0.548	0.294	-0.323	0.757	4.866	5.750	2.704
621	4122	4130	0.471	0.052	0.566	0.289	-0.313	0.782	5.011	5.842	2.747
622	4122	4130	0.471	0.052	0.584	0.284	-0.303	0.807	5.156	5.934	2.790
623	4122	4130	0.471	0.052	0.602	0.279	-0.293	0.832	5.301	6.026	2.833
624	4122	4130	0.471	0.052	0.620	0.274	-0.283	0.857	5.446	6.118	2.876
625	4122	4130	0.471	0.052	0.638	0.269	-0.273	0.882	5.591	6.210	2.919
626	4122	4130	0.471	0.052	0.656	0.264	-0.263	0.907	5.736	6.302	2.962
627	4122	4130	0.471	0.052	0.674	0.259	-0.253	0.932	5.881	6.394	3.005
628	4122	4130	0.471	0.052	0.692	0.254	-0.243	0.957	6.026	6.486	3.048
629	4122	4130	0.471	0.052	0.710	0.249	-0.233	0.982	6.171	6.578	3.091
630	4122	4130	0.471	0.052	0.728	0.244	-0.223	1.007	6.316	6.670	3.134
631	4122	4130	0.471	0.052	0.746	0.239	-0.213	1.032	6.461	6.762	3.177
632	4122	4130	0.471	0.052	0.764	0.234	-0.203	1.057	6.606	6.854	3.220
633	4122	4130	0.471	0.052	0.782	0.229	-0.193	1.082	6.751	6.946	3.263
634	4122	4130	0.471	0.052	0.800	0.224	-0.183	1.107	6.896	7.038	3.306
635	4122	4130	0.471	0.052	0.818	0.219	-0.173	1.132	7.041	7.130	3.349
636	4122	4130	0.471	0.052	0.836	0.214	-0.163	1.157	7.186	7.222	3.392
637	4122	4130	0.471	0.052	0.854	0.209	-0.153	1.182	7.331	7.314	3.435
638	4122	4130	0.471	0.052	0.872	0.204	-0.143	1.207	7.476	7.406	3.478
639	4122	4130	0.471	0.052	0.890	0.199	-0.133	1.232	7.621	7.498	3.521
640	4122	4130	0.471	0.052	0.908	0.194	-0.123	1.257	7.766	7.590	3.564
641	4122	4130	0.471	0.052	0.926	0.189	-0.113	1.282	7.911	7.682	3.607
642	4122	4130	0.471	0.052	0.944	0.184	-0.103	1.307	8.056	7.774	3.650
643	4122	4130	0.471	0.052	0.962	0.179	-0.093	1.332	8.201	7.866	3.693
644	4122	4130	0.471	0.052	0.980	0.174	-0.083	1.357	8.346	7.958	3.736
645	4122	4130	0.471	0.052	0.998	0.169	-0.073	1.382	8.491	8.050	3.779
646	4122	4130	0.471	0.052	1.016	0.164	-0.063	1.407	8.636	8.142	3.822
647	4122	4130	0.471	0.052	1.034	0.159	-0.053	1.432	8.781	8.234	3.865
648	4122	4130	0.471	0.052	1.052	0.154	-0.043	1.457	8.926	8.326	3.908
649	4122	4130	0.471	0.052	1.070	0.149	-0.033	1.482	9.071	8.418	3.951
650	4122	4130	0.471	0.052	1.088	0.144	-0.023	1.507	9.216	8.510	3.994

Tabla 8.7

Tabla 8.7

NUMERO	TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS				PARAMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR			MUJA
	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	SEMIEJE MENOR	SEMIEJE MAYOR	ORIENTACION			
1	0.0497	0.0534	0.0464	0.0562	33.95	4001	4004	
2	0.0534	0.0534	0.0464	0.0562	33.95	4001	4004	
3	0.0565	0.0648	0.0646	0.0667	72.30	4001	4116	
4	0.0780	0.0648	0.0630	0.0793	298.48	4001	4003	
5	0.0458	0.0659	0.0457	0.0660	33.74	4001	4002	
6	0.0347	0.1009	0.0844	0.1012	351.76	4001	4002	
7	0.0737	0.0732	0.0685	0.0781	46.97	4002	4004	
8	0.0453	0.0659	0.0457	0.0660	33.74	4003	4001	
9	0.0795	0.0713	0.0745	0.0823	54.25	4002	4103	
10	0.0625	0.0713	0.0685	0.0781	310.34	4002	4006	
11	0.0637	0.0713	0.0685	0.0781	21.87	4002	4006	
12	0.0734	0.0594	0.0733	0.0835	339.95	4002	4003	
13	0.0734	0.0594	0.0733	0.0835	13.49	4002	4003	
14	0.0734	0.0594	0.0733	0.0835	54.25	4002	4003	
15	0.1020	0.0963	0.0935	0.1045	298.48	4003	4004	
16	0.1020	0.0963	0.0935	0.1045	60.58	4003	4004	
17	0.1424	0.1444	0.1402	0.1465	324.41	4003	4116	
18	0.0711	0.0830	0.0665	0.0867	26.77	4003	4104	
19	0.1081	0.1119	0.1054	0.1144	32.69	4003	4103	
20	0.0380	0.0737	0.0720	0.0810	294.84	4004	4006	
21	0.0376	0.1010	0.0934	0.1051	322.87	4004	4004	
22	0.0331	0.0707	0.0682	0.0833	321.63	4004	4116	
23	0.1028	0.0928	0.0897	0.1056	295.58	4004	4017	
24	0.0559	0.0575	0.0533	0.0598	37.96	4004	4003	
25	0.1020	0.0963	0.0935	0.1045	60.58	4004	4003	
26	0.0497	0.0534	0.0464	0.0562	33.95	4004	4001	
27	0.0737	0.0732	0.0685	0.0781	46.97	4004	4002	
28	0.0697	0.0685	0.0636	0.0731	311.75	4003	4001	
29	0.0672	0.0792	0.0670	0.0794	7.51	4003	4011	
30	0.0700	0.0669	0.0650	0.0718	284.86	4003	4119	
31	0.0747	0.0670	0.0663	0.0732	284.86	4003	4118	
32	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
33	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
34	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
35	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
36	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
37	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
38	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
39	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
40	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
41	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
42	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
43	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
44	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
45	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
46	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
47	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
48	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
49	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	
50	0.0880	0.0737	0.0720	0.0810	322.87	4004	4003	

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS

PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR
SEMIEJE MAYOR ORIENTACIÓN

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

LONGITUD

ANCHO

ORIENTACIÓN

SEMIEJE MAYOR

SEMIEJE MENOR

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS
 PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR
 SEMEJEZ ORIENTACIÓN
 E.M.C. E.M.C. HOJA
 LATITUD LONGITUD

3

NÚMERO	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	SEMEJEZ PENDIENTE	SEMEJEZ ORIENTACIÓN	HOJA
101	0.3469	0.1131	0.3868	354.23	4012
102	0.3034	0.1294	0.3893	137.41	4010
103	0.3197	0.1197	0.3821	53.53	4012
104	0.3571	0.3753	0.3776	6.29	4010
105	0.3413	0.3921	0.3809	349.96	4012
106	0.3971	0.1113	0.3918	22.65	4013
107	0.3728	0.0720	0.3704	51.21	4013
108	0.3431	0.3550	0.3421	345.36	4013
109	0.3646	0.3668	0.3639	25.11	4013
110	0.3817	0.3817	0.3870	27.13	4013
111	0.3924	0.3431	0.3809	59.21	4013
112	0.3717	0.0977	0.3603	26.81	4013
113	0.3971	0.1113	0.3938	22.65	4014
114	0.3864	0.1044	0.3853	388.31	4014
115	0.3717	0.3777	0.3603	10.71	4014
116	0.3920	0.1044	0.3912	26.81	4014
117	0.3696	0.0668	0.3639	12.23	4015
118	0.3728	0.3720	0.3704	51.94	4015
119	0.3908	0.3962	0.3978	21.21	4015
120	0.3978	0.1031	0.3978	24.42	4015
121	0.3449	0.3451	0.3411	353.38	4015
122	0.3721	0.0879	0.3712	377.70	4016
123	0.3448	0.3431	0.3411	377.70	4016
124	0.3543	0.0684	0.3542	387.67	4016
125	0.3709	0.0738	0.3684	29.57	4016
126	0.3583	0.0521	0.3539	74.96	4016
127	0.3681	0.3721	0.3721	274.06	4016
128	0.3921	0.0881	0.3921	308.09	4017
129	0.3979	0.0914	0.3977	289.71	4016
130	0.3700	0.0696	0.3700	322.87	4016
131	0.3917	0.0696	0.3910	56.51	4016
132	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
133	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
134	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
135	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
136	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
137	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
138	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
139	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
140	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
141	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
142	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
143	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
144	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
145	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
146	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
147	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
148	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
149	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016
150	0.3971	0.0696	0.3917	271.76	4016

Tabla 8.8

TABLA 78 ELIPSES DE ERROR RELATIVAS

NÚMERO	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR		HOJA
			SEMIEJE MENOR	SEMIEJE MAYOR	
131	0.3394	0.0764	0.0735	0.0840	295.72
132	0.3463	0.0449	0.0421	0.0449	304.98
133	0.3516	0.0771	0.0614	0.0772	6.17
134	0.3516	0.1018	0.1027	0.1027	13.23
135	0.0603	0.0603	0.0641	0.0641	5.48
136	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
137	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
138	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
139	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
140	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
141	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
142	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
143	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
144	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
145	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
146	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
147	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
148	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
149	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
150	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
151	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
152	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
153	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
154	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
155	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
156	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
157	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
158	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
159	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
160	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
161	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
162	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
163	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
164	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
165	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
166	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
167	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
168	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
169	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
170	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
171	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
172	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
173	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
174	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
175	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
176	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
177	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
178	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
179	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
180	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
181	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
182	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
183	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
184	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
185	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
186	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
187	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
188	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
189	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
190	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
191	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
192	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
193	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
194	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
195	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
196	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
197	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
198	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
199	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97
200	0.0756	0.0606	0.0583	0.0772	71.97

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS
 PARA MODELOS DE LA ELIPSE DE ERROR
 EN C. SERIE DE ORIENTACION

3

MOJA

8

5

2

1

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

Tabla 8.8

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS PARA METROS DE LA ELIPSE DE ERROR MOJA

NUMERO	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	SEMI-EJE MAYOR	SEMI-EJE MENOR	ORIENTACION	8	2	0
351	0.1030	0.1144	0.0932	0.1210	324.17	4049	2	0
352	0.0346	0.0713	0.0846	0.0846	39.95	4051	2	0
353	0.1156	0.1034	0.0887	0.1272	303.61	4049	2	0
354	0.0637	0.0714	0.0634	0.0718	344.22	4049	2	0
355	0.0333	0.0811	0.0722	0.0929	50.82	4049	2	0
356	0.1241	0.0946	0.0937	0.1248	60.92	4037	2	0
357	0.1030	0.1144	0.0932	0.1210	324.17	4049	2	0
358	0.0333	0.0979	0.0761	0.1035	28.73	4050	2	0
359	0.1220	0.1009	0.0973	0.1249	68.99	4049	2	0
360	0.0401	0.0813	0.0759	0.0852	318.53	4053	2	0
361	0.0710	0.0806	0.0696	0.0918	54.28	4050	2	0
362	0.0433	0.0979	0.0761	0.1035	28.73	4049	2	0
363	0.1499	0.1199	0.1192	0.1465	31.06	4049	2	0
364	0.1113	0.1123	0.1091	0.1151	378.88	4050	2	0
365	0.0584	0.0591	0.0572	0.0681	378.88	4051	2	0
366	0.0723	0.0829	0.0680	0.0823	36.95	4041	2	0
367	0.0734	0.0902	0.0695	0.0823	36.95	4041	2	0
368	0.0346	0.0402	0.0313	0.0416	341.28	4051	2	0
369	0.0710	0.0998	0.0737	0.1240	304.43	4052	2	0
370	0.1122	0.1342	0.0927	0.1582	1.97	4052	2	0
371	0.0324	0.0732	0.0587	0.0988	53.96	4042	2	0
372	0.0827	0.0844	0.0834	0.0834	281.60	4041	2	0
373	0.1156	0.1034	0.0837	0.1272	303.61	4052	2	0
374	0.0723	0.0859	0.0680	0.0895	334.44	4052	2	0
375	0.0723	0.1159	0.0801	0.1161	4.31	4052	2	0
376	0.0803	0.0962	0.0690	0.1264	66.03	4052	2	0
377	0.1211	0.0763	0.0697	0.0773	21.02	4053	2	0
378	0.1187	0.1047	0.0955	0.1262	301.38	4053	2	0
379	0.0303	0.1159	0.0801	0.1161	4.31	4053	2	0
380	0.0544	0.0651	0.0572	0.0661	339.66	4053	2	0
381	0.1220	0.1009	0.0973	0.1249	68.99	4053	2	0
382	0.0801	0.0813	0.0759	0.0852	318.53	4053	2	0
383	0.0803	0.0813	0.0803	0.0930	356.82	4053	2	0
384	0.1620	0.1866	0.1565	0.1737	33.63	4053	2	0
385	0.1235	0.1144	0.1127	0.1251	68.51	4053	2	0
386	0.1161	0.1103	0.1050	0.1259	304.42	4054	2	0
387	0.0869	0.0952	0.0869	0.0974	332.78	4053	2	0
388	0.0803	0.0949	0.0803	0.0950	356.82	4054	2	0
389	0.1113	0.1128	0.1091	0.1151	38.88	4054	2	0
390	0.1213	0.1238	0.1204	0.1247	322.48	4054	2	0
391	0.0687	0.0785	0.0666	0.0787	313.82	4052	2	0
392	0.0823	0.0843	0.0797	0.0878	318.63	4053	2	0
393	0.0707	0.0763	0.0697	0.0773	331.72	4053	2	0
394	0.0839	0.0972	0.0863	0.0974	299.03	4053	2	0
395	0.1184	0.0701	0.0685	0.0724	61.40	4056	2	0
396	0.0751	0.0801	0.0745	0.0784	66.03	4056	2	0
397	0.1211	0.1062	0.0980	0.1264	301.38	4056	2	0
398	0.1211	0.1062	0.0980	0.1264	301.38	4056	2	0
399	0.1211	0.1062	0.0980	0.1264	301.38	4056	2	0
400	0.1211	0.1062	0.0980	0.1264	301.38	4056	2	0

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS
 NÚMERO E.M.C. E.M.C. PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR
 LATITUD LONGITUD SEMEJE ORIENTACION

NÚMERO	E.M.C.	E.M.C.	PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR	SEMEJE	ORIENTACION	
	LATITUD	LONGITUD	MAYOR	MINOR		
401	0.0938	0.1108	0.0933	0.1111	351.39	4062
402	0.1236	0.1197	0.1197	0.1355	45.19	4066
403	0.1250	0.1957	0.1019	0.2723	48.96	4060
404	0.1180	0.1141	0.1141	0.1642	345.19	4070
405	0.0863	0.1234	0.0869	0.1320	28.63	4078
406	0.1104	0.0879	0.0734	0.1209	59.67	4042
407	0.1726	0.0945	0.0926	0.1736	277.35	4052
408	0.1132	0.0998	0.0827	0.1280	308.82	4036
409	0.0955	0.1301	0.0955	0.1301	80.13	4037
410	0.1180	0.1038	0.0961	0.1244	302.76	4037
411	0.1180	0.1368	0.1185	0.1738	40.13	4037
412	0.1180	0.1058	0.0961	0.1244	291.13	4038
413	0.1194	0.0749	0.0936	0.1245	341.32	4066
414	0.1442	0.1680	0.1417	0.1830	351.72	4066
415	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
416	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
417	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
418	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
419	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
420	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
421	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
422	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
423	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
424	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
425	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
426	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
427	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
428	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
429	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
430	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
431	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
432	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
433	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
434	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
435	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
436	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
437	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
438	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
439	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
440	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
441	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
442	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
443	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
444	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
445	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
446	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
447	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
448	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
449	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037
450	0.1372	0.1987	0.1372	0.1987	40.56	4037

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES RELATIVAS
PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR

10

HOJA

NÚMERO	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	SEMI-EJE MENOR	SEMI-EJE MAYOR	ORIENTACIÓN	HOJA
451	0.3779	0.0374	0.0486	0.0837	63.32	4070
452	0.3326	0.0302	0.0713	0.0904	311.26	4070
453	0.1119	0.1178	0.1118	0.1179	1.27	4070
454	0.0303	0.1126	0.0364	0.1138	20.61	4071
455	0.1045	0.1053	0.1007	0.1089	42.22	4071
456	0.1175	0.0911	0.0911	0.1175	86.42	4071
457	0.0826	0.0802	0.0713	0.0904	311.26	4071
458	0.0333	0.0853	0.0789	0.0953	320.70	4071
459	0.1119	0.1179	0.1118	0.1179	1.27	4072
460	0.1045	0.1053	0.1007	0.1089	42.22	4072
461	0.1192	0.1128	0.1107	0.1211	64.31	4072
462	0.0826	0.0802	0.0713	0.0904	311.26	4072
463	0.1192	0.1128	0.1107	0.1211	64.31	4073
464	0.0396	0.1279	0.0769	0.1358	335.82	4073
465	0.0396	0.1279	0.0769	0.1358	335.82	4073
466	0.0396	0.1279	0.0769	0.1358	335.82	4073
467	0.1236	0.1246	0.1236	0.1246	377.75	4074
468	0.0942	0.0846	0.0911	0.1287	55.19	4074
469	0.0950	0.0846	0.0911	0.1287	55.19	4074
470	0.1172	0.0873	0.0784	0.1235	277.52	4074
471	0.0362	0.0826	0.0832	0.1080	56.29	4075
472	0.0930	0.0846	0.0846	0.1137	56.83	4075
473	0.0366	0.0846	0.0846	0.1137	56.83	4075
474	0.1172	0.0873	0.0784	0.1235	277.52	4075
475	0.0366	0.0846	0.0846	0.1137	56.83	4075
476	0.1172	0.0873	0.0784	0.1235	277.52	4076
477	0.0842	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
478	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
479	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
480	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
481	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
482	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
483	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
484	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
485	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
486	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
487	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
488	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
489	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
490	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
491	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
492	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
493	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
494	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
495	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
496	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
497	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
498	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
499	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076
500	0.1172	0.0911	0.0891	0.1187	342.89	4076

Tabla 8.8

501 0.0726 0.0720 0.0721 0.0825 12.95 4085

502 0.0688 0.0757 0.0687 0.0758 333.01 4085

503 0.0730 0.0849 0.0679 0.0828 335.10 4085

504 0.0631 0.0639 0.0623 0.0662 16.51 4085

505 0.0643 0.0796 0.0587 0.0651 291.76 4086

506 0.0649 0.0638 0.0546 0.0640 8.77 4086

507 0.0817 0.1070 0.0714 0.1151 28.45 4086

508 0.0760 0.0735 0.0540 0.0771 34.51 4086

509 0.0609 0.0636 0.0537 0.0681 14.50 4086

510 0.0684 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

511 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

512 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

513 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

514 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

515 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

516 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

517 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

518 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

519 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

520 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

521 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

522 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

523 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

524 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

525 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

526 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

527 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

528 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

529 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

530 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

531 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

532 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

533 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

534 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

535 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

536 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

537 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

538 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

539 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

540 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

541 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

542 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

543 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

544 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

545 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

546 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

547 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

548 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

549 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

550 0.0689 0.0743 0.0643 0.0720 38.54 4086

Tabla 8.8

NUMERO	PARA METROS DE LA ELIPSE DE ERROR	SEMEJE	SEMEJE	ORIENTACION
	E.M.C.	E.M.C.		

NUMERO	E ₁ -L ₁ C ₁ LATITUD	E ₂ -M ₂ C ₂ LONGITUD	SEMI-EJE MENOR	SEMI-EJE MAYOR	ORIENTACION
601	0.0488	0.0436	0.0463	0.0320	40.71
602	0.0343	0.0664	0.0342	0.0665	4130
603	0.1012	0.1124	0.0988	0.1145	4132
604	0.0736	0.0872	0.0745	0.0882	4126
605	0.0718	0.0807	0.0703	0.0820	4125
606	0.0686	0.0758	0.0681	0.0762	4018
607	0.0712	0.0843	0.0706	0.0847	4122
608	0.0920	0.1364	0.0912	0.1071	4123
609	0.0406	0.0383	0.0429	0.0400	4129
610	0.0757	0.0518	0.0733	0.0899	4134
611	0.0744	0.0518	0.0676	0.0811	4126
612	0.1036	0.1050	0.1028	0.1078	4134
613	0.0439	0.0378	0.0429	0.0449	4126
614	0.0539	0.0519	0.0471	0.0600	4134
615	0.0743	0.0737	0.0704	0.0736	4126
616	0.0648	0.0667	0.0650	0.0685	4018
617	0.0736	0.0872	0.0745	0.0832	4128
618	0.0744	0.0750	0.0676	0.0811	4129
619	0.0523	0.0519	0.0464	0.0573	4123
620	0.0646	0.0650	0.0660	0.0733	4124
621	0.1033	0.0982	0.1036	0.0787	4126
622	0.0687	0.0607	0.0697	0.0699	4127
623	0.0795	0.0964	0.0935	0.0953	4022
624	0.0523	0.0519	0.0464	0.0573	4126
625	0.1012	0.1134	0.0983	0.1145	4124
626	0.0737	0.0878	0.0733	0.0839	4125
627	0.0802	0.1008	0.0827	0.0867	4124
628	0.0323	0.0280	0.0282	0.0372	4124
629	0.0686	0.0676	0.0682	0.0741	4124
630	0.0596	0.0596	0.0583	0.0737	4128
631	0.0928	0.0936	0.0923	0.0922	4126
632	0.0691	0.0734	0.0689	0.0735	4128
633	0.0539	0.0539	0.0471	0.0600	4018
634	0.0687	0.0607	0.0692	0.0699	4125
635	0.0533	0.0535	0.0492	0.0592	4126
636	0.0500	0.0548	0.0499	0.0544	4127
637	0.0753	0.0707	0.0704	0.0756	4018
638	0.0594	0.0536	0.0523	0.0622	4125
639	0.0630	0.0770	0.0626	0.0773	4128
640	0.0613	0.0575	0.0570	0.0618	4126
641	0.0640	0.0713	0.0627	0.0726	4019
642	0.0638	0.0643	0.0606	0.0634	4129
643	0.0523	0.0521	0.0539	0.0536	4131
644	0.0488	0.0449	0.0491	0.0516	4016
645	0.0638	0.0623	0.0621	0.0640	4122
646	0.0638	0.0623	0.0606	0.0653	4122
647	0.0900	0.0647	0.0884	0.0901	4130
648	0.0534	0.0447	0.0440	0.0540	4129
649	0.0681	0.0523	0.0621	0.0683	4130
650	0.0681	0.0523	0.0521	0.0683	4131
					4016

Tabla 8.8

TABLA DE ELIPSES DE ERROR RELATIVAS									
NÚMERO	E.M.C. LATITUD	E.M.C. LONGITUD	PARÁMETROS DE LA ELIPSE DE ERROR		HOJA	14	SEMIEJE DE ORIENTACIÓN		
			SEMIJE MENOR	SEMIJE MAYOR					
651	0.0334	0.0447	0.0449	0.0590	4131	4130	2	0	0
652	0.0640	0.0713	0.0625	0.0750	4129	4129	2	0	0
653	0.0726	0.0786	0.0720	0.0782	4131	4019	2	0	0
654	0.0789	0.0732	0.0780	0.0604	4131	4132	2	0	0
655	0.0861	0.0732	0.0854	0.0734	4131	4017	2	0	0
656	0.0861	0.0676	0.0861	0.0704	4131	4116	2	0	0
657	0.0805	0.0641	0.0805	0.0681	4132	4019	2	0	0
658	0.0818	0.0934	0.0819	0.0935	4132	4021	2	0	0
659	0.0779	0.0908	0.0767	0.0919	4132	4020	2	0	0
660	0.0571	0.0968	0.0491	0.0628	4132	4017	2	0	0
661	0.0569	0.0776	0.0560	0.0624	4132	4131	2	0	0
662	0.0774	0.0789	0.0737	0.0824	4136	4021	2	0	0
663	0.0559	0.0830	0.0533	0.0834	4136	4024	2	0	0
664	0.0813	0.1133	0.0732	0.1137	4136	4137	2	0	0
665	0.0859	0.0972	0.0720	0.1079	4136	4139	2	0	0
666	0.0727	0.1037	0.0720	0.1037	4136	4137	2	0	0
667	0.0884	0.0803	0.0801	0.0886	4137	4024	2	0	0
668	0.0390	0.0442	0.0293	0.0517	4137	4139	2	0	0
669	0.0837	0.1067	0.0634	0.1199	4137	4138	2	0	0
670	0.0859	0.0972	0.0720	0.1079	4137	4136	2	0	0
671	0.1072	0.0605	0.0597	0.1076	4140	4140	2	0	0
672	0.1067	0.0634	0.0634	0.1199	4137	4136	2	0	0
673	0.0911	0.0840	0.0573	0.1098	4137	4137	2	0	0
674	0.1466	0.1200	0.0913	0.1644	4138	4138	2	0	0
675	0.0700	0.0564	0.0469	0.0767	4138	4024	2	0	0
676	0.0465	0.0715	0.0433	0.0734	4139	4139	2	0	0
677	0.0911	0.0840	0.0573	0.1098	4139	4139	2	0	0
678	0.0390	0.0442	0.0283	0.0517	4136	4137	2	0	0
679	0.0813	0.1133	0.0732	0.1137	4140	4024	2	0	0
680	0.0777	0.0820	0.0732	0.1137	4140	4025	2	0	0
681	0.1071	0.0620	0.0597	0.1076	4140	4139	2	0	0
682	0.1071	0.0609	0.0597	0.1076	4140	4139	2	0	0
683	0.0445	0.0715	0.0433	0.0734	4141	4034	2	0	0
684	0.0552	0.0583	0.0576	0.0599	4141	4034	2	0	0
685	0.0724	0.0789	0.0722	0.0599	4141	4034	2	0	0
686	0.0724	0.0818	0.0724	0.0818	4141	4035	2	0	0
687	0.0501	0.0379	0.0484	0.0594	4142	4141	2	0	0
688	0.0602	0.0766	0.0742	0.0833	4142	4037	2	0	0
689	0.0602	0.0642	0.0587	0.0636	4142	4034	2	0	0
690	0.0348	0.0661	0.0299	0.0685	4142	4033	2	0	0

Tabla 8.8

VM1 = -3.000000000
 VM2 = -0.000000000
 VM3 = -0.000000000
 VT1 = 0.351672830
 VT2 = 0.746010729
 VT3 = 1.002306022
 VT4 = 1.002306022
 VTM1 = 3.013606630
 VTM2 = 0.023864022
 VTM3 = 0.03180386
 VTM4 = 0.038780386

Tabla 8.9

NUMERO DE OBSERVACIONES = 18

VM1 = 0.00730688
VM2 = -0.00013532
VM3 = -0.000183183
VT1 = 0.070651424
VT2 = 0.162442003
VT3 = 1.024919737
VT4 = 1.024919740
VTM1 = 0.016652700
VTM2 = 0.179803585
VTM3 = 0.241575903
VTM4 = 0.241575899

Tabla 8.9

NUMERO DE OBSERVACIONES

v1 = -0.000370882
 v2 = -0.000173526
 v3 = -0.000233182
 v4 = 0.251938202
 v5 = 0.417120042
 v6 = 0.829133327
 v7 = 0.829133323
 v8 = 0.125969101
 v9 = 0.308360021
 v10 = 0.414567183
 v11 = 0.414567162

Tabla 8.9

NÚMERO DE OBSERVACIONES = 10

VM1 = -0.000000000
VM2 = -0.000002489
VM3 = -0.000003343
VT1 = 0.000001706
VT2 = 0.000021241
VT3 = 0.000028338
VT4 = 0.000028330
VTM1 = 0.000000402
VTM2 = 0.000003007
VTM3 = 0.000006727
VTM4 = 0.000006677

Tabla 8.9

NÚMERO DE RESIDUOS QUE EXCEDEN EL VALOR CRÍTICO 0
NÚMERO TOTAL DE RESIDUOS 668

N. CLASE	EXTREMOS DE CLASE	FR. ABS	FR. REL.
1	-3.50	2	0.00
2	-3.00	3	0.00
3	-2.50	10	0.01
4	-2.00	26	0.04
5	-1.50	62	0.09
6	-1.00	93	0.14
7	-0.50	143	0.21
8	0.0	149	0.22
9	0.50	91	0.14
10	1.00	44	0.07
11	1.50	26	0.04
12	2.00	17	0.03
13	2.50	4	0.01
14	3.00	2	0.00

MEDIA = 0.000010 VARIANZA = 1.0031899

(PV) = 670.131
X2 = 18.2072

Tabla 8.10

NÚMERO DE RESIDUOS NO CLASIFICABLES 0
 NÚMERO DE RESIDUOS QUE EXCEDEN EL VALOR CRÍTICO 0
 NÚMERO TOTAL DE RESIDUOS 666

N. CLASE	EXTREMOS DE CLASE	FR. ABS FR. MEL.
1	-3.50	-3.00 2 0.00
2	-3.00	-2.50 3 0.00
3	-2.50	-2.00 10 0.01
4	-2.00	-1.50 27 0.04
5	-1.50	-1.00 64 0.09
6	-1.00	-0.50 97 0.14
7	-0.50	0.0 146 0.21
8	0.0	0.50 147 0.21
9	0.50	1.00 92 0.13
10	1.00	1.50 49 0.07
11	1.50	2.00 26 0.04
12	2.00	2.50 17 0.02
13	2.50	3.00 4 0.01
14	3.00	3.50 2 0.00

MEDIA = -0.0000033 VARIANZA = 1.0029010

(VPV) = 687.990
 X2 = 15.9430

Tabla 8.11

NÚMERO DE RESIDUOS POR CLASIFICACIONES
 NÚMERO DE RESIDUOS QUE EXCEDEN EL VALOR CRÍTICO 0
 NÚMERO TOTAL DE RESIDUOS 672

N. CLASE	EXTREMOS DE CLASE	FR. ABS FR. REL.
1	-3.50	2 0.00
2	-3.00	3 0.00
3	-2.50	10 0.01
4	-2.00	26 0.04
5	-1.50	62 0.09
6	-1.00	94 0.14
7	-0.50	145 0.22
8	0.0	145 0.22
9	0.50	91 0.14
10	1.00	45 0.07
11	1.50	26 0.04
12	2.00	17 0.03
13	2.50	4 0.01
14	3.00	2 0.00

MEDIA = -0.0000006 VARIANZA = 1.0002877

(VPV) = 672.193

X2 = 17.8096

Tabla 8.12

NUMERO DE RESIDUOS NO CLASIFICABLES 3
NUMERO DE RESIDUOS QUE EXCEDEN EL VALOR CRITICO 0
NUMERO TOTAL DE RESIDUOS 690

1. CLASE EXTREMOS DE CLASE FREQ. ABS. FREQ. REL.

1	-3.50	-3.00	2	0.00
2	-3.00	-2.50	3	0.00
3	-2.50	-2.00	10	0.01
4	-2.00	-1.50	27	0.04
5	-1.50	-1.00	64	0.09
6	-1.00	-0.50	98	0.14
7	-0.50	0.0	148	0.21
8	0.0	0.50	147	0.21
9	0.50	1.00	92	0.13
10	1.00	1.50	50	0.07
11	1.50	2.00	26	0.04
12	2.00	2.50	17	0.02
13	2.50	3.00	4	0.01
14	3.00	3.50	2	0.00

MEDIA = -0.0000049 VARIANZA = 1.0000763

(VPV) = 690.033
X2 = 15.3723

Tabla 8.13

1	-3.430000	37.133331	-5.34	-17.51 8	1
2	-8.200000	38.566666	-8.31	-6.60 8	2
3	-7.516666	41.566666	-4.68	0.06 8	3
4	-7.650000	40.949997	0.37	-3.21 8	4
5	-8.183332	39.083328	-6.19	-2.01 8	5
6	-8.133333	39.899997	-6.83	-7.39 8	6
7	-8.083333	37.566653	-4.36	-9.09 8	7
8	-8.166666	37.883331	-6.61	-3.78 8	8
9	-9.133333	38.716660	-0.92	-9.66 8	9
10	-7.433333	37.183319	1.60	-16.92 8	10
11	-8.316667	41.966660	-13.90	-3.78 8	11
12	-8.716666	41.916636	-7.40	-0.43 8	12
13	-7.000000	41.916636	-7.39	-6.64 8	13
14	-7.716666	41.383331	0.43	-7.21 8	14
15	-6.583333	41.849991	-2.91	-8.13 8	15
16	-8.450000	41.766663	-7.76	-4.38 8	16
17	-8.833333	41.750300	-8.74	-8.46 8	17
18	-6.849999	41.716660	-1.09	-10.97 8	18
19	-7.166666	41.716660	-5.36	-11.12 8	19
20	-6.299999	41.666656	0.11	-7.68 8	20
21	-8.049999	41.633331	-9.49	-6.76 8	21
22	-8.366666	41.533325	-11.04	-6.14 8	22
23	-6.566667	41.533325	-2.74	-6.81 8	23
24	-8.716666	41.433319	-8.37	-5.66 8	24
25	-7.016666	41.433319	-12.23	-8.47 8	25

Tabla 8.14

26	-6.599999	41.383331	-0.19	-5.38 8	26
27	-6.583333	41.316666	-7.27	-2.73 8	27
28	-7.883333	41.250000	-2.95	-4.49 8	28
29	-7.266666	41.233322	-3.45	-5.32 8	29
30	-6.766666	41.216660	-4.92	-4.64 8	30
31	-7.599999	41.199977	-1.20	-4.90 8	31
32	-8.266666	41.166656	-10.30	-5.65 8	32
33	-8.583333	41.099991	-7.89	-3.93 8	33
34	-7.383333	40.966660	-2.40	-3.58 8	34
35	-7.900000	40.933319	-5.10	-10.34 8	35
36	-8.666666	40.866653	-6.12	-5.36 8	36
37	-6.983333	40.866653	-2.74	-3.29 8	37
38	-8.233333	40.849991	-8.05	-8.58 8	38
39	-8.116666	40.833328	-2.00	-8.79 8	39
40	-7.833333	40.816666	-5.69	-9.85 8	40
41	-7.416666	40.766663	-0.79	-4.84 8	41
42	-8.750000	40.649994	-8.70	-6.69 8	42
43	-7.750000	40.616653	-6.82	-5.53 8	43
44	-6.849999	40.599991	-2.72	-3.31 8	44
45	-7.133333	40.599991	-2.00	-1.05 8	45
46	-8.183332	40.549988	5.50	-9.55 8	46
47	-7.433332	40.533325	-5.20	1.13 8	47
48	-8.799999	40.449997	-8.19	-7.84 8	48
49	-6.883333	40.449997	-4.78	-5.12 8	49
50	-7.933332	40.383331	-7.98	-0.82 8	50

Tabla 8.14

51	-3.34339	-5.36653	-6.11	-6.23 B	51
52	-7.61666	40.31666	-5.12	-9.39 B	52
53	-7.13333	40.31666	-7.73	-9.71 B	53
54	-7.81667	40.21660	-5.10	-1.20 B	54
55	-8.84999	40.19997	-10.30	-6.00 B	55
56	-8.45000	40.18319	-10.08	-1.91 B	56
57	-7.16666	40.13331	-5.32	-9.00 B	57
58	-8.18332	40.38328	-11.18	0.43 B	58
59	-7.46666	40.04998	1.73	-10.72 B	59
60	-8.33333	39.91666	-9.84	-8.56 B	60
61	-8.84999	39.89994	-11.54	-3.67 B	61
62	-7.93332	39.84991	-4.24	-8.28 B	62
63	-7.46666	39.79998	0.10	-5.20 B	63
64	-7.03333	39.73322	-1.17	-3.24 B	64
65	-9.00000	39.68319	-14.04	1.15 B	65
66	-8.76666	39.66656	-14.06	-0.35 B	66
67	-8.53333	39.58328	-3.18	-7.35 B	67
68	-7.51666	39.56666	-4.73	-4.31 B	68
69	-8.29999	39.51665	-7.70	-9.65 B	69
70	-9.20000	39.44997	-8.70	-1.29 B	70
71	-8.91666	39.43319	-7.69	-8.32 B	71
72	-7.63333	39.36653	-7.01	-4.60 B	72
73	-8.01666	39.36653	-5.99	-8.05 B	73
74	-7.41666	39.36653	-8.32	1.83 B	74
75	-8.41666	39.33328	-5.50	-7.41 B	75

Tabla 8.14

76	-8.750000	39.333328	-2.86	-8.10 8	76
77	-7.366666	39.336666	-7.20	-5.83 8	77
78	-7.616666	39.183329	-5.37	-1.40 8	78
79	-9.049999	39.166656	-3.23	-8.57 8	79
80	-8.583333	39.149994	-4.49	-6.28 8	80
81	-7.466666	39.066666	-3.38	-7.52 8	81
82	-7.099999	39.033325	-4.14	-6.21 8	82
83	-9.299999	39.016663	-3.74	-4.71 8	83
84	-7.650000	38.916656	-5.22	-2.50 8	84
85	-8.016666	38.899994	-4.31	-3.86 8	85
86	-9.083333	38.899994	-2.50	-10.67 8	86
87	-8.750000	38.883331	-7.15	-4.42 8	87
88	-8.516666	38.833328	-8.50	-3.31 8	88
89	-7.250000	38.833328	-2.66	-5.03 8	89
90	-8.283333	38.816666	-5.82	-2.22 8	90
91	-9.450000	38.766663	-7.18	-10.06 8	91
92	-7.583333	38.733322	-5.29	-4.76 8	92
93	-8.750000	38.733322	-9.73	-2.46 8	93
94	-7.983333	38.733322	-6.18	-0.10 8	94
95	-7.400000	38.699997	-2.34	-5.90 8	95
96	-8.533333	38.683319	-6.81	-2.84 8	96
97	-8.900000	38.566666	-7.99	-5.19 8	97
98	-8.516666	38.500009	-6.26	-3.18 8	98
99	-9.099999	38.449997	-7.35	-10.61 8	99
100	-7.799999	38.449997	-6.40	-4.34 8	100

Tabla 8.14

101	-7.023333	-5.447777	-2.5555	-3.5555	102	-8.000000	39.316666	-7.70	-3.38	103	-7.783333	33.250000	-7.10	-6.21	104	-8.233333	33.250000	-10.15	-6.32	105	-7.130000	33.233332	-4.82	-3.20	106	-8.650000	36.166656	-7.95	-4.33	107	-7.450000	38.099991	-7.00	-5.12	108	-8.433332	33.049988	-5.77	-6.23	109	-7.566666	33.016663	-6.30	-6.04	110	-7.599999	37.933319	-4.43	-5.28	111	-8.683332	37.899994	-8.78	-7.21	112	-8.433332	37.866653	-6.95	-5.87	113	-7.849999	37.816666	-4.67	-5.65	114	-7.430000	37.799988	-4.92	-8.99	115	-8.066667	37.616653	-5.56	-4.34	116	-8.383333	37.616653	-8.62	-3.55	117	-8.716666	37.500000	-9.21	-3.81	118	-7.849999	37.483322	-3.11	-7.18	119	-7.533333	37.433319	-0.38	-11.52	120	-8.383333	37.399994	-6.42	-8.82	121	-8.599999	37.316666	-7.58	-9.30	122	-8.866666	37.283325	-11.79	-6.20	123	-7.750000	37.233322	-13.44	-10.09	124	-8.783333	37.216660	-6.95	-11.07	125	-8.116666	37.149994	-4.18	-19.78
-----	-----------	-----------	---------	---------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	--------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	--------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	-------	-------	-----	-----------	-----------	--------	-------	-----	-----------	-----------	--------	--------	-----	-----------	-----------	-------	--------	-----	-----------	-----------	-------	--------

Tabla 8.14

N. P. I.	LONGITUD	LATITUD	EIA	PSI	E. C. C.	N. P. I.
126	-8.716666	37.083328	-6.99	-16.16 8		126
127	-8.990099	37.093328	-19.99	-19.37 8		127
128	-7.883333	37.033329	-3.46	-10.86 8		128
4073	-6.316667	41.366653	19.14	-2.96 1	1.71	4073
4028	-7.866666	36.983322	0.47	-8.36 1	3.23	4028
4064	-8.866666	41.883331	-9.73	-9.08 1	3.74	4064
4026	-7.933332	37.099991	-7.03	-14.09 1	0.17	4026
4063	-8.799999	41.766663	-7.81	-7.15 1	0.13	4063
4062	-8.450030	41.733322	-8.36	-8.23 1	3.08	4062
4041	-7.983333	40.966660	-9.98	-10.99 1	3.07	4041
4049	-8.213333	40.866653	-9.28	-8.96 1	3.04	4049
4047	-7.183332	40.369991	-8.07	-4.24 1	3.13	4047
4039	-8.200000	40.949984	9.38	-9.92 1	3.03	4039
4033	-8.533333	39.916656	-11.67	-7.93 1	0.41	4033
4022	-7.766666	37.499997	-0.71	-6.31 1	0.30	4022
4009	-8.633333	39.533325	-3.99	-5.82 1	3.16	4009
4092	-7.633333	39.583328	-3.83	-9.95 1	0.49	4092
4084	-7.099999	40.033325	-4.19	-6.78 1	0.42	4084

Tabla 8.14

MATRIZ DE VARIANZAS-COVARIANZAS DE LOS COEFICIENTES DEL POLINOMIO

(	0.2330350-13	0.6150860-13	0.2744500-13	-0.4776500-11	-0.1013500-10	-0.559720-13	-0.0.1731220-13	0.2329320-11
(	0.5699110-10	-0.5133310-13	-0.2209210-11	0.5974040-11	0.1322650-09	0.8414220-10	0.4688960-12	0.7425860-12
(	-0.1246470-09	-0.1290140-08	0.6629750-12	0.1932260-10	-0.5567640-10	-0.5194720-09	0.2790980-08	
(	0.6150860-13	0.9388610-11	0.1981430-10	-0.6241710-09	-0.2465340-08	0.4828180-12	-0.7474910-11	0.2776250-11
(	0.1436350-07	0.8291920-12	-0.3688100-09	-0.5543280-09	0.2212660-07	0.8291630-08	-0.1743190-11	0.1401220-09
(	-0.4676660-07	-0.3010980-06	0.8757240-12	0.3556080-08	0.6117420-08	-0.1239200-06	0.6796360-06	
(	0.2744500-13	0.1981430-10	0.1439040-08	-0.2166950-08	-0.8789320-07	0.4064230-12	-0.6482300-10	0.1723740-06
(	-0.1158070-06	0.1223150-09	-0.1196660-08	-0.7328220-07	0.1122910-06	0.3781360-05	0.5076700-11	0.8967700-05
(	-0.6062130-06	-0.3338300-06	-0.1194110-08	0.1214870-07	0.7746600-06	-0.9119510-07	-0.3192060-04	
(	-0.4776500-11	-0.6241710-09	-0.2166950-08	0.7852150-07	0.3480180-06	0.2436890-10	0.1030320-08	-0.2843940-06
(	-0.2882020-05	-0.9669950-11	0.2408900-07	0.3744050-07	-0.2047010-05	-0.1640940-05	-0.3801260-09	-0.1983360-07
(	0.8704460-05	0.6843150-04	-0.4939560-09	-0.1967040-06	-0.5390200-06	-0.4710950-05	-0.1346280-03	
(	-0.1013500-10	-0.2465340-08	-0.8789320-07	0.3480180-06	0.7910890-05	-0.1356800-10	0.1704590-07	-0.1601270-06
(	0.5534670-05	-0.5530170-08	0.1422010-06	0.4342730-05	-0.1707910-04	-0.2604390-03	-0.2453770-08	-0.2955050-06
(	0.1262340-03	0.1985130-03	0.5612090-07	-0.1459620-05	-0.5203060-04	0.1003130-04	0.1063060-02	
(	-0.5597720-13	0.4828180-12	0.4064230-12	0.2436890-10	-0.1356800-10	0.4216190-11	0.2389900-11	-0.1712420-05
(	0.3910680-08	0.1791740-11	-0.3989140-10	-0.2015480-09	0.1455370-08	-0.1211540-07	-0.3430500-10	-0.5575440-10
(	-0.6181720-08	-0.6835140-07	-0.2488650-10	0.4080460-09	0.3912910-08	-0.2111930-07	0.1656000-06	
(	-0.1751220-13	-0.7474910-11	-0.6482300-10	0.1030320-08	0.1704590-07	0.2389900-11	0.6518020-09	0.8877550-09
(	-0.6750640-07	0.2188400-11	0.3295530-09	-0.1322350-07	-0.3917090-07	0.1309150-05	-0.6599370-10	-0.1040490-07
(	0.8776750-06	-0.2286350-06	-0.2057890-10	-0.4915030-08	0.2767910-06	0.1226800-05	-0.2824390-04	
(	0.2329320-11	0.2776250-11	0.1723740-08	-0.2843940-08	-0.1601270-06	-0.1712420-09	0.8877550-09	0.1082770-06
(	-0.4798410-05	-0.1033300-10	-0.1358110-07	-0.2019530-06	0.3915460-06	0.2712770-04	0.2479030-08	-0.1171480-07
(	-0.2265080-05	0.4630810-04	0.1266210-08	0.2127260-06	0.3191300-05	0.1499530-04	-0.2704190-03	
(	0.1327250-11	0.2150670-08	0.2993830-07	-0.3303670-06	-0.5498200-05	0.4023060-09	-0.6223710-07	-0.1311020-06
(	0.1400880-08	0.2872420-08	-0.1311080-06	-0.7424930-08	0.1947490-04	-0.1844580-03	0.21427060-08	0.1043710-05

Tabal 8.15

-0.2122670-03 -0.2128920-03 -0.3085990-07 0.1719640-03 0.5816970-03 -0.1920950-03 0.5004030-02
0.5699110-10 0.1436330-07 -0.1138070-06 -0.2882020-03 0.5534670-03 0.3910480-08 -0.6750640-07 -0.4798410-03 0.1306080-04
0.6287160-03 0.3992820-08 0.1279590-03 0.1367870-04 -0.2110040-03 -0.1641910-02 -0.8348080-07 0.9910600-06 0.8218420-04
-0.1112250-03 -0.9511210-02 -0.8053260-07 -0.2422400-04 -0.2189340-03 0.3678610-02 0.2193060-01
-0.5133610-13 0.8291920-12 0.1223150-09 -0.9669830-11 -0.5530170-08 0.1791740-11 0.2188400-11 -0.1033500-10 0.2872420-08
0.3992820-08 0.1286370-09 0.2460760-10 -0.1193160-07 -0.6927690-08 0.3760120-06 -0.3510440-10 -0.3159930-09 0.1041440-08
-0.2221590-07 -0.3190100-06 -0.1223690-08 -0.1458240-08 0.1468640-06 0.2524600-06 -0.4509130-03
-0.2209210-11 -0.3888100-09 -0.1196460-08 0.2404900-07 0.1422010-06 -0.3989140-10 0.3299530-09 -0.1358110-07 -0.1333080-06
0.1779590-03 0.2460760-10 0.3937650-07 0.4086230-07 -0.3181090-03 -0.2800390-07 0.2059810-09 -0.8130020-08 0.3387910-06
0.3974670-03 -0.1098400-04 -0.1883250-08 -0.4818030-06 -0.6026180-06 0.5355340-04 -0.6312480-04
0.3974040-11 -0.5543280-09 -0.7328220-07 0.3744030-07 0.4942730-03 -0.2015480-09 -0.1322530-07 -0.2019530-06 -0.7524930-06
0.1567870-04 -0.1193160-07 0.4086230-07 0.6986270-03 -0.1923110-03 -0.3738350-03 0.3253240-08 0.2756390-06 0.3094650-03
0.2130840-04 0.4511530-04 0.1418840-06 -0.2209160-06 -0.8946730-04 -0.1311480-03 0.4190610-02
0.1322630-09 0.2212680-07 0.1123910-06 -0.2047010-03 -0.1707910-04 0.1453370-08 -0.3917090-07 0.5913460-06 0.1947390-04
-0.2110040-03 -0.6927690-08 -0.3181090-03 -0.1923110-03 0.4646070-03 -0.1543770-03 0.2091550-07 0.2122550-05 -0.2471490-04
-0.6949470-03 0.8979320-03 0.1770900-06 0.4032770-04 0.4346570-04 -0.4650110-02 0.1424830-01
0.8414320-10 0.8291630-08 0.3781360-03 -0.1640940-03 -0.2604590-03 -0.1211540-07 0.1509130-03 0.2712770-04 -0.1663580-03
-0.1641910-02 0.3760120-06 -0.2800390-07 -0.3738350-03 -0.1543770-03 0.3496580-01 0.6864520-07 -0.2175960-04 -0.4653850-03
-0.9300370-03 -0.1264610-01 -0.4956180-03 -0.2695910-04 0.5259780-02 0.2286420-01 -0.3669490-00
0.4689660-12 -0.1743190-11 0.5076700-11 -0.3801260-09 -0.2453770-08 -0.3430500-10 -0.6595670-10 0.2479030-08 0.2142060-08
-0.8348080-07 -0.3510440-10 0.2059810-09 0.3253240-08 0.2091550-07 0.6864520-07 0.5182880-09 0.1241420-08 -0.5374120-07
-0.8567600-07 0.1361080-03 0.5412730-09 -0.3418720-08 -0.6276680-07 0.6457400-07 0.6391420-06
0.7425880-12 0.1401220-09 0.4967700-09 -0.1983560-07 -0.2955030-06 -0.5575440-10 -0.1040490-07 -0.1171480-07 0.1033710-03
0.9910600-06 -0.3159930-09 -0.8130020-08 0.2756390-06 0.1125550-03 -0.2175960-04 0.1241420-08 0.2221770-06 / 0.3496770-06
-0.2333220-04 -0.7243890-03 0.2164030-08 0.1496570-06 -0.5430160-03 -0.2560310-04 0.5785980-03
-0.4060700-10 -0.5852220-09 -0.2735260-07 0.1819930-06 0.3387200-03 0.2677400-08 -0.1784430-07 -0.1561990-03 0.1073110-03
0.8218420-04 0.1041440-08 0.3387910-06 0.3094650-03 -0.2471490-04 -0.4653850-03 -0.5374120-07 0.3496770-06 0.4696400-04
0.1114630-03 -0.5381540-03 -0.3850610-07 -0.515240-03 -0.6683350-04 -0.4491540-03 0.3814210-02
-0.1246470-09 -0.4676660-07 -0.8062130-06 0.8704460-03 0.1282340-03 -0.6181720-08 0.8776790-06 -0.2265080-03 -0.2522470-03
-0.1112250-03 -0.2222150-07 0.3974670-03 0.2130840-04 -0.6949470-03 -0.9300370-03 -0.5300370-03 -0.8567600-07 -0.2333220-04 0.1114630-03
0.6949500-02 0.1788690-01 0.5580340-06 -0.5068140-04 -0.6505310-03 -0.1194510-02 -0.1256620-00
-0.1290140-08 -0.5010980-06 -0.3338300-06 0.6843150-04 0.1985530-03 -0.6835140-07 -0.2286550-06 0.4630810-04 -0.2128420-03
-0.9511210-02 -0.3190100-06 -0.1098400-04 0.4511530-04 0.6979320-03 -0.1264610-01 0.1361080-03 -0.7243890-03 -0.4391540-03

0.6629750-12	0.8737240-12	-0.1194110-08	-0.4939360-09	0.5612090-07	-0.2486650-10	-0.2037880-10	0.1266210-06	-0.3089990-07
-0.8055260-07	-0.1223690-08	-0.1883250-08	0.1414940-06	0.1770900-06	-0.4936180-05	0.5412730-09	0.2164030-08	-0.3850610-07
0.5580340-06	0.4734060-05	0.1424260-07	0.3751030-07	-0.2005310-05	-0.4564480-05	0.6204300-04		
0.1932360-10	0.3536080-08	0.1214870-07	-0.1967040-06	-0.1459620-05	0.4080460-09	-0.4913030-08	0.2127260-04	0.1719640-05
-0.2423400-04	-0.1436240-08	-0.4818030-06	-0.2209160-06	0.4032770-04	-0.2695910-04	-0.3416720-08	0.1496570-06	-0.3132240-05
-0.5068140-04	0.4623010-03	0.3731030-07	0.6982230-05	0.5589530-05	-0.5803880-03	0.9165850-03		
-0.5567640-10	0.6117420-08	0.7746600-06	-0.3390200-06	-0.5203060-04	0.5912910-08	0.2787910-06	0.3191300-05	0.5816970-05
-0.2189340-03	0.1468640-06	-0.6026180-06	-0.8946730-04	0.4546370-04	0.5239780-02	-0.6276660-07	-0.5430160-05	-0.6683550-04
-0.6505310-03	-0.1237410-02	-0.2005310-05	0.5589530-05	0.1362940-02	0.2421750-02	-0.5785460-01		
-0.5194720-09	-0.1239200-06	-0.9119310-07	-0.4710950-05	0.1005130-04	-0.2111930-07	0.1226800-05	0.1499550-04	-0.1920950-03
0.3678610-02	0.2524600-06	0.3359340-04	-0.1311480-03	-0.4650110-02	0.2286820-01	0.6457660-07	-0.2560310-04	-0.4491560-03
-0.1194310-02	-0.1269880-00	-0.4564480-05	-0.5803880-03	0.2421750-02	0.1158360-00	-0.2002280-00		
0.2790980-08	0.6796360-06	-0.3192060-04	-0.1346280-03	0.1063040-02	0.1656000-06	-0.2624590-04	-0.2704190-03	0.5004030-02
0.2193060-01	-0.4509130-05	-0.6312480-04	0.4190610-02	0.1424830-01	-0.3669450-00	0.6391420-06	0.5785980-03	0.5814210-02
-0.1256620+00	-0.3022910+00	0.6204300-04	0.9165850-03	-0.5785460-01	-0.2002280+00	0.6445360+01		

SOLUCIONES

-0.1555390-06	0.2876130-04	-0.9957420-04	0.3013010-03	0.1126400-02	0.2469630-04	-0.4568340-04	-0.2534460-03	0.9837490-02
-0.3325030-01	0.2372050-04	-0.2040460-03	-0.3659860-04	0.3193320-01	-0.3836640-00	0.6100540-04	0.1154240-02	0.6023630-02
-0.1228930+00	0.8068820+00	-0.4401420-03	0.3110270-02	-0.5757370-02	-0.6952430+00	0.4779970+01		

VARIANZA = 0.1594740-04 DES. TIPICA = 0.3853240-02

Tabla 8.15

1	0.2953057255D+09
2	0.1695324417D+08
3	0.177756191D+07
4	0.721072655D+06
5	0.671864672D+05
6	0.111864298D+05
7	0.111519128D+05
8	0.2158083713D+04
9	0.4159275177D+03
10	0.281182538D+03
11	0.7348737313D+02
12	0.2417016594D+02
13	0.864322912D+01
14	0.2243074231D+01
15	0.1254810699D+01
16	0.4027472785D+00
17	0.161449305D+00
18	0.913771605D+01
19	0.166400922D+01
20	0.6050028704D+02
21	0.4812635014D+02
22	0.4102232679D+02
23	0.278445603D+03
24	0.1866310593D+03
25	0.1057063711D+05

***** FACTOR DE ESCALA PARA LOS AUTOVALORES DE SXX ***** 100.00

MAXIMO AUTOVALOR = 0.295305725493D+09

MINIMO AUTOVALOR = 0.105706371138D+05

TRAZA = 0.314851529552D+09

G-OPTIMAL (1) = 0.125940611741D+08

CONDICIONAMIENTO = 0.279364169173D+15

DETERMINANTE = 0.428861103491D+30

G-OPTIMAL (2) = 0.153211959264D+02

Tabla 8.16

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	UND	PSI AP.	EMC	ETA AP.	EMC	UND AP.	EMC	N. PUNTO
1	37 7 59.99	-8 23 60.00	-17.01	-6.94								1
2	38 33 60.00	-8 11 60.00	-6.60	-8.31								2
3	41 33 60.00	-7 30 60.00	0.06	-4.68								3
4	40 56 59.99	-7 38 60.03	-3.21	0.37								4
5	39 4 59.98	-8 10 60.00	-2.01	-6.19								5
6	39 41 59.99	-8 7 60.00	-7.39	-6.83								6
7	37 21 59.95	-8 4 60.00	-9.09	-4.36								7
8	37 52 59.99	-8 9 60.00	-3.78	-6.61								8
9	38 42 59.97	-9 7 60.00	-9.66	-0.92								9
10	37 10 59.95	-7 28 60.00	-16.92	1.60								10
11	41 57 59.97	-8 18 60.00	-3.78	-13.90								11
12	41 54 59.96	-8 42 60.00	-0.45	-7.40								12
13	41 54 59.96	-6 59 60.00	-6.64	-7.89								13
14	41 52 59.99	-7 42 60.00	-7.21	0.34								14
15	41 50 59.97	-6 34 60.00	-8.13	-2.91								15
16	41 45 59.99	-8 26 60.00	-4.38	-7.76								16
17	41 44 60.00	-8 49 60.00	-8.46	-8.74								17
18	41 42 59.97	-6 50 60.00	-10.97	-1.09								18
19	41 42 59.97	-7 9 60.00	-11.12	-5.36								19
20	41 39 59.96	-6 17 60.00	-7.68	0.11								20
21	41 37 59.99	-8 2 60.00	-6.76	-9.49								21
22	41 31 59.97	-8 21 60.00	-6.14	-11.04								22
23	41 31 59.97	-6 33 60.00	-6.81	-2.74								23

Tabla 8.17

LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	ASL	ETA	PO	ASL	AP.	ENC	ETA	AP.	ENC	ENC	ENC	ENC	N. BURE
24	41 25 53.95	-8 42 60.00	-5.66	-8.37								-25.66	0.47		24
25	41 25 53.95	-7 3 60.00	-4.47	-12.25								-22.11	0.49		25
26	41 22 59.99	-6 35 60.00	-5.58	-0.19								-21.91	0.54		26
27	41 18 60.00	-8 22 60.00	-2.73	-7.27								-25.06	0.43		27
28	41 18 60.00	-7 32 60.00	-4.49	-2.95								-24.30	0.41		28
29	41 13 59.96	-7 13 60.00	-5.42	-3.45								-23.28	0.43		29
30	41 12 59.97	-6 45 60.00	-4.64	-4.92								-22.61	0.49		30
31	41 11 59.99	-7 35 60.00	-4.90	-1.20								-24.00	0.41		31
32	41 9 59.96	-8 13 60.00	-5.65	-10.30								-25.31	0.40		32
33	41 5 59.97	-8 34 60.00	-3.93	-7.89								-26.33	0.40		33
34	40 57 59.97	-7 22 60.00	-3.58	-2.40								-24.49	0.38		34
35	40 55 59.95	-7 33 60.00	-10.34	-5.10								-25.47	0.35		35
36	40 51 59.95	-8 39 60.00	-5.36	-6.12								-27.46	0.35		36
37	40 51 59.95	-6 38 60.00	-3.29	-2.74								-24.13	0.41		37
38	40 50 59.97	-6 16 60.00	-8.58	-8.05								-26.47	0.33		38
39	40 49 59.98	-8 6 60.00	-8.79	-2.00								-26.20	0.33		39
40	40 48 60.00	-7 49 60.00	-9.85	-5.69								-25.78	0.33		40
41	40 45 59.99	-7 24 60.00	-4.84	-0.79								-25.27	0.35		41
42	40 38 59.98	-8 44 60.00	-6.69	-8.70								-28.62	0.31		42
43	40 36 59.95	-7 44 60.00	-5.53	-6.82								-26.34	0.30		43
44	40 35 59.97	-6 50 60.00	-3.31	-2.72								-24.83	0.40		44
45	40 35 59.97	-7 7 60.00	-1.05	-2.00								-25.35	0.36		45
46	40 32 59.96	-8 10 60.00	-9.55	5.50								-27.34	0.26		46
47	40 31 59.97	-7 25 60.00	1.13	-5.20								-26.10	0.32		47

Tabla 8.17

48	43 26 59.99	-8 47 60.00	-7.84	-8.19	-29.61 0.27	48
49	40 26 59.99	-6 52 60.00	-5.12	-4.78	-29.38 0.38	49
50	40 22 59.99	-7 55 60.00	-0.82	-7.98	-27.45 0.24	50
51	40 21 59.99	-8 20 60.00	-6.28	-6.11	-28.38 0.22	51
52	40 18 60.00	-7 36 60.00	-9.09	-5.12	-27.12 0.26	52
53	40 18 60.00	-7 7 60.00	-5.71	-7.73	-26.27 0.33	53
54	40 12 59.97	-7 48 60.00	-1.20	-5.10	-27.79 0.22	54
55	40 11 59.99	-8 50 60.00	-6.00	-10.30	-30.77 0.25	55
56	40 10 59.95	-8 26 60.00	-1.91	-10.08	-29.32 0.20	56
57	40 7 59.99	-7 9 60.00	-9.00	-5.32	-26.90 0.31	57
58	40 4 59.98	-8 10 60.00	0.43	-11.18	-28.97 0.18	58
59	40 2 59.96	-7 27 60.00	-10.72	1.75	-27.69 0.25	59
60	39 54 59.96	-8 19 60.00	-8.56	-9.84	-29.93 0.16	60
61	39 53 59.98	-8 50 60.00	-3.67	-11.54	-31.81 0.23	61
62	39 50 59.97	-7 55 60.00	-8.28	-4.24	-29.17 0.16	62
63	39 47 59.96	-7 27 60.00	-5.20	0.10	-28.42 0.24	63
64	39 43 59.96	-7 1 60.00	-3.24	-1.17	-27.82 0.31	64
65	39 40 59.95	-8 59 60.00	1.15	-14.04	-33.14 0.27	65
66	39 39 59.96	-8 45 60.00	-0.55	-14.06	-32.22 0.22	66
67	39 34 59.98	-8 31 60.00	-7.55	-3.18	-31.66 0.18	67
68	39 33 60.00	-7 30 60.00	-4.51	-4.73	-29.16 0.22	68
69	39 30 59.99	-8 17 60.00	-9.65	-7.70	-31.15 0.16	69
70	39 26 59.99	-9 11 60.00	-1.29	-8.70	-34.57 0.32	70
71	39 25 59.95	-8 54 60.00	-8.32	-7.69	-33.50 0.26	71

Tabla 8.17

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	ORD	SSI AP.	EMC	ETA AP.	EMC	ORD AP.	EMC	% PUNTO
72	39 21 59.95	-7 37 50.00	-4.60	-7.01					-29.94	0.20		72
73	39 21 59.95	-8 0 50.00	-8.05	-5.39					-30.83	0.17		73
74	39 21 59.95	-9 24 50.00	1.83	-8.52					-35.57	0.37		74
75	39 19 59.98	-8 24 50.00	-7.41	-5.50					-32.07	0.19		75
76	39 19 59.98	-8 44 50.00	-8.10	-2.86					-35.18	0.24		76
77	39 18 50.00	-7 21 50.00	-5.83	-7.20					-29.55	0.25		77
78	39 10 59.95	-7 36 50.00	-1.40	-5.57					-30.40	0.22		78
79	39 9 59.96	-9 2 50.00	-8.57	-32.30					-34.67	0.31		79
80	39 8 59.98	-8 34 50.00	-6.28	-4.49					-35.15	0.23		80
81	39 3 50.00	-7 27 50.00	-7.52	-3.58					-30.41	0.25		81
82	39 1 59.97	-7 5 50.00	-6.21	-4.14					-29.86	0.31		82
83	39 0 59.99	-9 17 50.00	-4.71	-3.74					-35.80	0.36		83
84	38 54 59.96	-7 38 50.00	-2.50	-5.22					-31.21	0.25		84
85	38 53 59.98	-8 0 50.00	-3.86	-4.31					-32.17	0.23		85
86	38 53 59.98	-9 4 50.00	-10.67	-2.50					-35.45	0.34		86
87	38 52 59.99	-8 44 50.00	-4.42	-7.15					-34.45	0.29		87
88	38 49 59.98	-8 30 50.00	-3.31	-8.50					-33.85	0.27		88
89	38 49 59.98	-7 14 50.00	-5.03	-2.66					-30.66	0.31		89
90	38 48 50.00	-8 16 50.00	-2.22	-5.82					-35.18	0.26		90
91	38 45 59.99	-9 26 50.00	-10.06	-7.18					-36.85	0.43		91
92	38 43 59.96	-7 34 50.00	-4.76	-5.28					-31.58	0.29		92
93	38 43 59.96	-8 44 50.00	-2.46	-9.73					-34.87	0.31		93
94	38 43 59.96	-7 58 50.00	-0.10	-6.18					-32.56	0.26		94
95	38 41 59.99	-7 23 50.00	-5.90	-2.34					-31.31	0.31		95

Tabla 8.17

Latitude	Longitude	PSI	ETA
96	38 40 59.95	-8 31 60.00	-2.84 -6.81
97	38 33 60.00	-8 53 60.00	-5.19 -7.99
98	38 29 60.00	-8 30 60.00	-3.18 -6.26
99	38 26 59.99	-9 5 60.00	-10.61 -7.35
100	38 26 59.99	-7 47 60.00	-4.54 -6.40
101	38 26 59.99	-7 22 60.00	-3.83 -0.88
102	38 18 60.00	-7 59 60.00	-3.08 -7.30
103	38 14 60.00	-7 46 60.00	-6.21 -7.10
104	38 14 60.00	-8 13 60.00	-6.32 -10.15
105	38 13 59.96	-7 8 60.00	-3.23 -4.62
106	38 9 59.96	-8 38 60.00	-4.33 -7.95
107	38 5 59.97	-7 26 60.00	-5.12 -7.00
108	38 2 59.96	-8 25 60.00	-6.28 -5.77
109	38 0 59.99	-7 51 60.00	-6.04 -6.30
110	37 55 59.95	-7 35 60.00	-5.28 -4.43
111	37 53 59.98	-8 40 60.00	-7.21 -8.78
112	37 51 59.95	-8 25 60.00	-5.87 -6.95
113	37 48 60.00	-7 50 60.00	-3.65 -4.67
114	37 47 59.96	-7 26 60.00	-8.99 -4.92
115	37 26 59.99	-8 3 60.00	-4.34 -5.36
116	37 36 59.95	-8 22 60.00	-3.55 -8.62
117	37 29 60.00	-8 42 60.00	-3.81 -9.21
118	37 28 59.96	-7 50 60.00	-7.18 -3.11
119	37 25 59.95	-7 31 60.00	-11.52 -0.38

Tabla 8.17

N. PUNTO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	IND	PSI	AP.	EMC	ETA	AP.	EMC	IND	AP.	EMC	N. PUNTO
120	37 23 59.98	-8 22 40.00	-8.82	-6.42							-38.68	0.31			120
121	37 18 40.00	-8 35 40.00	-9.30	-7.58							-39.87	0.34			121
122	37 16 59.97	-8 51 40.00	-6.20	-11.79							-41.15	0.37			122
123	37 13 59.96	-7 44 40.00	-10.09	-13.44							-38.11	0.34			123
124	37 12 59.97	-8 46 40.00	-11.07	-6.93							-41.16	0.37			124
125	37 8 59.98	-8 6 40.00	-19.78	-4.18							-39.46	0.34			125
126	37 4 59.98	-8 42 40.00	-16.16	-6.59							-41.70	0.39			126
127	37 4 59.98	-8 56 40.00	-10.37	-10.55							-42.60	0.62			127
128	37 1 59.97	-7 52 40.00	-10.46	-3.46							-39.74	0.37			128
4142	40 1 59.97	-8 29 40.00	-5.83	-11.57							-30.02	0.18			4142
4073	41 21 59.93	-6 18 40.00	-2.56	13.14							-22.13	0.60			4073
4028	36 58 59.96	-7 51 40.00	-8.36	0.47							-40.09	0.38			4028
4064	41 52 59.99	-8 51 40.00	-5.08	-9.73							-23.06	0.37			4064
4026	37 5 59.97	-7 55 40.00	-14.09	-7.03							-39.37	0.35			4026
4063	41 45 59.99	-8 47 40.00	-7.13	-7.81							-23.06	0.34			4063
4062	41 43 59.96	-8 26 40.00	-5.23	-8.36							-24.00	0.30			4062
4041	40 57 59.97	-7 58 40.00	-10.59	-5.98							-23.49	0.36			4041
4049	40 51 59.93	-8 16 40.00	-8.56	-9.28							-26.41	0.33			4049
4047	40 20 59.97	-7 10 40.00	-4.24	-8.07							-26.26	0.33			4047
4039	40 32 59.96	-8 11 40.00	-9.92	5.38							-27.37	0.26			4039
4033	39 54 59.96	-8 31 40.00	-11.67	-7.93							-30.54	0.18			4033
4022	37 41 59.99	-7 45 40.00	-6.31	-0.71							-35.62	0.47			4022
4009	39 31 59.97	-8 37 40.00	-5.82	-3.99							-32.16	0.20			4009
4092	39 34 59.98	-7 37 40.00	-9.55	-3.83							-29.34	0.20			4092

Tabla 8.17

[illegible]

Tabla 8.17

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALORUE	CLAVE DE OBSERVACION
1	4001	4004	0.000032	4.500300	2	0
2	4001	4004	2606.427000	294.388143	3	1
3	4001	4116	46.355229	4.500300	2	0
4	4001	4003	153.200696	4.500003	2	0
5	4001	4002	241.2815637	4.500300	2	0
6	4001	4005	306.0939415	4.500003	2	0
7	4002	4004	359.595987	4.500300	2	0
8	4002	4001	34.5402151	4.500300	2	0
9	4002	4003	91.0113903	4.500300	2	0
10	4002	4105	148.2755250	4.500300	2	0
11	4002	4006	211.1757386	4.500000	2	0
12	4002	4007	262.1013014	4.500300	2	0
13	4002	4005	301.1234175	4.500300	2	0
14	4003	4002	8.5853600	4.500300	2	0
15	4003	4001	43.4354843	4.500000	2	0
16	4003	4116	83.2550682	4.500000	2	0
17	4003	4116	305.1144425	4.500000	2	0
18	4003	4105	324.5921291	4.500000	2	0
19	4003	4006	340.0841566	4.500300	2	0
20	4004	4003	0.0000003	4.500300	2	0
21	4004	4016	42.0932812	4.500000	2	0
22	4004	4118	56.3843252	4.500300	2	0
23	4004	4017	105.4443250	4.500300	2	0
24	4004	4116	187.4452099	4.500300	2	0
25	4004	4003	248.5930905	4.500000	2	0
26	4004	4004	261.4129267	4.500000	2	0
27	4004	4001	288.1544291	4.500000	2	0
28	4005	4011	359.5959992	4.500000	2	0
29	4005	4119	57.4910989	4.500000	2	0
30	4005	4016	88.5353939	4.500000	2	0
31	4005	4118	133.0344169	4.500000	2	0
32	4005	4003	180.0455470	4.500300	2	0
33	4005	4001	207.5827901	4.500000	2	0
34	4005	4002	229.3338322	4.500000	2	0
35	4005	4006	261.5300858	4.500000	2	0
36	4005	4007	302.3807991	4.500000	2	0
37	4006	4002	359.5959977	4.500000	2	0
38	4006	4003	30.2320268	4.500000	2	0
39	4006	4105	405.4010240	4.500000	2	0
40	4006	4102	117.1023863	4.500000	2	0
41	4006	4102	150.2159403	4.500000	2	0
42	4006	4008	194.0631090	4.500000	2	0
43	4006	4009	214.3100351	4.500000	2	0
44	4006	4007	268.0119092	4.500000	2	0
45	4006	4003	301.5415892	4.500000	2	0
46	4006	4005	359.5959994	4.500000	2	0
47	4007	4003	67.5233591	4.500000	2	0
48	4007	4002	103.0159698	4.500000	2	0
49	4007	4006	148.5347945	4.500000	2	0
50	4007	4008				

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	ESTACIÓN	PUNTO DE VISADO	RESERVA (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALDUE	CLAVE DE RESERVA
51	4007	4009	184.192428	4.500000	2	0
52	4007	4108	224.0349150	4.500000	2	0
53	4007	4011	291.3552082	4.500000	2	0
54	4008	4009	46.2013961	4.500000	2	0
55	4008	4007	119.2513010	4.500000	2	0
56	4008	4006	181.3859244	4.500000	2	0
57	4008	4104	239.2308920	4.500000	2	0
58	4008	4102	255.0324009	4.500000	2	0
59	4008	4009	347.5837501	4.500000	2	0
60	4009	4032	359.5953993	4.500000	2	0
61	4009	4108	71.4435388	4.500000	2	0
62	4009	4011	74.5802984	4.500000	2	0
63	4009	4007	106.3449608	4.500000	2	0
64	4009	4006	152.4710320	4.500000	2	0
65	4009	4008	278.0426842	4.500000	2	0
66	4009	4007	284.1152842	4.500000	2	0
67	4009	4033	303.1102813	4.500000	2	0
68	4009	4033	303.1102828	4.500000	2	0
69	4009	4034	364.3477228	4.500000	2	0
70	4010	4032	369.5959933	4.500000	2	0
71	4010	4032	377.716130000	140.184143	3	1
72	4010	4092	70.2411462	4.500000	2	0
73	4010	4012	111.3227142	4.500000	2	0
74	4010	4110	136.0429501	4.500000	2	0
75	4010	4011	231.0201676	4.500000	2	0
76	4010	4108	280.1351220	4.500000	2	0
77	4010	4009	305.0540634	4.500000	2	0
78	4011	4108	0.0000007	4.500000	2	0
79	4011	4032	38.3906846	4.500000	2	0
80	4011	4032	4.0340446	6.000000	4	2
81	4011	4010	59.4846222	4.500000	2	0
82	4011	4010	35570.0860000	149.073900	3	1
83	4011	4012	104.1016565	4.500000	2	0
84	4011	4110	110.089601	4.500000	2	0
85	4011	4013	143.3432760	4.500000	2	0
86	4011	4120	160.0143356	4.500000	2	0
87	4011	4119	190.5917046	4.500000	2	0
88	4011	4016	214.4942722	4.500000	2	0
89	4011	4005	262.1532323	4.500000	2	0
90	4011	4007	319.5952446	4.500000	2	0
91	4011	4092	374.2600145	4.500000	2	0
92	4012	4092	0.0000139	4.500000	2	0
93	4012	4084	29.1045379	4.500000	2	0
94	4012	4084	53.1042566	4.500000	2	0
95	4012	4090	68.5607957	4.500000	2	0
96	4012	4014	143.3011488	4.500000	2	0
97	4012	4015	206.5824631	4.500000	2	0
98	4012	4120	235.2814204	4.500000	2	0
99	4012	4013	248.3215594	4.500000	2	0
100	4012	4110	277.1228679	4.500000	2	0

LONGITUD ASTR. = -8.1117650

Tabla 8.18

T A B L A D E O B S E R V A C I O N E S										CLAVE DE ALFABETIZACIÓN		CLAVE DE OBSERVACION	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)			PESO A PRIORI							
101	4012	4011	284.3651242			4.500000	2	0	0				
102	4012	4010	314.4550865			4.500000	2	0	0				
103	4012	4032	341.1912468			4.500000	2	0	0				
104	4013	4010	3.0000000			4.500000	2	0	0				
105	4013	4012	24.4333333			4.500000	2	0	0				
106	4013	4014	91.4913777			4.500000	2	0	0				
107	4013	4013	157.3923232			4.500000	2	0	0				
108	4013	4013	157.3901742			4.500000	2	0	0				
109	4013	4011	228.4100928			4.500000	2	0	0				
110	4013	4011	246.1233779			4.500000	2	0	0				
111	4013	4010	323.1844616			4.500000	2	0	0				
112	4014	4013	3.0000000			4.500000	2	0	0				
113	4014	4013	43.1815977			4.500000	2	0	0				
114	4014	4012	113.1953689			4.500000	2	0	0				
115	4015	4014	359.5955998			4.500000	2	0	0				
116	4015	4013	161.556368			4.500000	2	0	0				
117	4015	4010	216.3033260			4.500000	2	0	0				
118	4015	4013	252.1726673			4.500000	2	0	0				
119	4015	4010	289.1632237			4.500000	2	0	0				
120	4015	4012	313.4805407			4.500000	2	0	0				
121	4016	4019	3.0000004			4.500000	2	0	0				
122	4016	4020	24.5002629			4.500000	2	0	0				
123	4016	4019	24713.2475000			327.469140	3	1	0				
124	4016	4012	66.1143226			4.500000	2	0	0				
125	4016	4018	89.3508327			4.500000	2	0	0				
126	4016	4016	104.1236669			4.500000	2	0	0				
127	4016	4016	140.2637584			4.500000	2	0	0				
128	4016	4016	176.4613544			4.500000	2	0	0				
129	4016	4016	214.5940364			4.500000	2	0	0				
130	4016	4004	271.1841737			4.500000	2	0	0				
131	4016	4016	314.5841119			4.500000	2	0	0				
132	4016	4011	359.5955926			4.500000	2	0	0				
133	4017	4013	34.1514649			4.500000	2	0	0				
134	4017	4021	63.2846102			4.500000	2	0	0				
135	4017	4020	182.4700994			4.500000	2	0	0				
136	4017	4016	207.3707169			4.500000	2	0	0				
137	4017	4004	251.1639483			4.500000	2	0	0				
138	4017	4018	276.2505023			4.500000	2	0	0				
139	4017	4016	311.1456026			4.500000	2	0	0				
140	4018	4016	359.5955998			4.500000	2	0	0				
141	4018	4018	40.4657926			4.500000	2	0	0				
142	4018	4020	62.1032381			4.500000	2	0	0				
143	4018	4019	102.4053577			4.500000	2	0	0				
144	4018	4014	136.2512105			4.500000	2	0	0				
145	4018	4014	164.0933555			4.500000	2	0	0				
146	4018	4018	169.5627228			4.500000	2	0	0				
147	4018	4018	199.0512810			4.500000	2	0	0				
148	4018	4018	222.4252245			4.500000	2	0	0				
149	4018	4022	240.4022346			4.500000	2	0	0				
150	4018	4018				4.500000	2	0	0				

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACIÓN	PUNTO VISADO	RESERVACION (ALON MEDIO)	PEST A PRIORI	CLAVE DE ALDUE	CLAVE DE OBSERVACION
151	4018	4019	268.2653226	4.500000	2	0
152	4018	4019	338.0934385	4.500000	2	0
153	4019	4021	0.0000014	4.500000	2	0
154	4019	4020	45.4402705	4.500000	2	0
155	4019	4019	95.3521110	4.500000	2	0
156	4019	4019	138.3343694	4.500000	2	0
157	4019	4019	40861.1920000	119.463000	2	1
158	4019	4019	163.0134712	4.500000	2	0
159	4019	4019	185.6941112	4.500000	2	0
160	4019	4019	246.0404040	4.500000	2	0
161	4019	4019	319.0439000	4.500000	2	0
162	4019	4019	172.1414370	6.000000	4	2
163	4019	4019	3.0000007	4.500000	2	0
164	4020	4019	37.3132032	4.500000	2	0
165	4020	4021	83.0322763	4.500000	2	0
166	4020	4024	127.2601320	4.500000	2	0
167	4020	4024	138.3902914	4.500000	2	0
168	4020	4017	327.4336472	4.500000	2	0
169	4020	4017	0.0000040	4.500000	2	0
170	4021	4024	76.1903045	4.500000	2	0
171	4021	4024	112.7205000	4.500000	2	0
172	4021	4020	169.1936191	4.500000	2	0
173	4021	4017	206.4642189	4.500000	2	0
174	4021	4017	219.3603870	4.500000	2	0
175	4021	4019	258.0345771	4.500000	2	0
176	4021	4021	305.0539149	4.500000	2	0
177	4021	4022	359.5955985	4.500000	2	0
178	4022	4023	46181.3910000	93.776720	2	1
179	4022	4021	42.4500238	4.500000	2	0
180	4022	4019	81.4714328	4.500000	2	0
181	4022	4019	121.4338894	4.500000	2	0
182	4022	4019	170.2804799	4.500000	2	0
183	4022	4018	170.2804799	4.500000	2	0
184	4022	4018	197.1605494	4.500000	2	0
185	4022	4018	211.1812197	4.500000	2	0
186	4022	4017	320.0242493	4.500000	2	0
187	4022	4023	0.0000046	4.500000	2	0
188	4023	4019	37.0828583	4.500000	2	0
189	4023	4019	352.1727673	6.000000	4	2
190	4023	4022	82.2042772	4.500000	2	0
191	4023	4023	159.4503784	4.500000	2	0
192	4023	4023	201.1217637	4.500000	2	0
193	4023	4026	272.1054825	4.500000	2	0
194	4023	4025	307.2343831	4.500000	2	0
195	4023	4024	0.0000022	4.500000	2	0
196	4024	4021	53.0444242	4.500000	2	0
197	4024	4023	108.2724985	4.500000	2	0
198	4024	4023	174.0711638	4.500000	2	0
199	4024	4130	201.5803601	4.500000	2	0
200	4024	4138				

LONGITUD ASTA. = -3.1505300

LONGITUD ASTA. = -3.0452100

Tabla 8.18

T A B L A		O R D E N D E A C I O N E S										M A J A S	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)		PESO A PRIORI		CLAVE DE ALUMNE		CLAVE DE OBSERVACION				M A J A S	
201	4024	4139	207.384981	4.500000	2	2	0	0	0			0	
202	4024	4137	232.163772	4.500000	2	2	0	0	0			0	
203	4024	4136	304.1701871	4.500000	2	2	0	0	0			0	
204	4024	4020	319.233221	4.500000	2	2	0	0	0			0	
205	4025	4023	0.0000097	4.500000	2	2	0	0	0			0	
206	4025	4026	48.2812149	4.500000	2	2	0	0	0			0	
207	4025	4140	211.5941318	4.500000	2	2	0	0	0			0	
208	4025	4024	270.3527444	4.500000	2	2	0	0	0			0	
209	4026	4023	359.5959903	4.500000	2	2	0	0	0			0	
210	4026	4027	170.5912221	4.500000	2	2	0	0	0			0	
211	4026	4028	289.5211895	4.500000	2	2	0	0	0			0	
212	4027	4025	18.184321	4.500000	2	2	0	0	0			0	
213	4027	4026	126.11432109	4.500000	2	2	0	0	0			0	
214	4027	4028	221.0131178	4.500000	2	2	0	0	0			0	
215	4027	4026	248.0134108	4.500000	2	2	0	0	0			0	
216	4027	4026	315.3509947	4.500000	2	2	0	0	0			0	
217	4027	4023	33389.4933000	179.395000	3	1	1	0	0			0	
218	4027	4023	0.0000051	4.500000	2	2	0	0	0			0	
219	4028	4027	34.2224542	4.500000	2	2	0	0	0			0	
220	4028	4029	316.055688	4.500000	2	2	0	0	0			0	
221	4028	4026	211.3310874	4.500000	2	2	0	0	0			0	
222	4029	4028	262.2054702	4.500000	2	2	0	0	0			0	
223	4029	4027	23213.7600000	371.141980	3	1	1	0	0			0	
224	4029	4027	0.0000016	4.500000	2	2	0	0	0			0	
225	4032	4088	61.1549884	4.500000	2	2	0	0	0			0	
226	4032	4092	76.3749643	4.500000	2	2	0	0	0			0	
227	4032	4012	118.3204985	4.500000	2	2	0	0	0			0	
228	4032	4010	138.2829849	4.500000	2	2	0	0	0			0	
229	4032	4011	184.0549639	6.000000	4	4	0	0	0			0	
230	4032	4011	169.113767	4.500000	2	2	0	0	0			0	
231	4032	4008	202.241239	4.500000	2	2	0	0	0			0	
232	4032	4009	202.241239	4.500000	2	2	0	0	0			0	
233	4032	4035	202.241239	4.500000	2	2	0	0	0			0	
234	4032	4036	202.241239	4.500000	2	2	0	0	0			0	
235	4033	4009	106.4311235	4.500000	2	2	0	0	0			0	
236	4033	4090	162.3004550	4.500000	2	2	0	0	0			0	
237	4033	4031	219.0538278	4.500000	2	2	0	0	0			0	
238	4033	4032	221.2648139	4.500000	2	2	0	0	0			0	
239	4033	4034	262.0914031	4.500000	2	2	0	0	0			0	
240	4033	4032	229.0637363	4.500000	2	2	0	0	0			0	
241	4034	4039	0.0000029	4.500000	2	2	0	0	0			0	
242	4034	4038	33.5730277	4.500000	2	2	0	0	0			0	
243	4034	4038	36715.3020000	133.433440	3	1	1	0	0			0	
244	4034	4086	63.5140737	4.500000	2	2	0	0	0			0	
245	4034	4087	67.5751109	4.500000	2	2	0	0	0			0	
246	4034	4088	143.0740479	4.500000	2	2	0	0	0			0	
247	4034	4032	176.4328153	4.500000	2	2	0	0	0			0	
248	4034	4009	214.4938879	4.500000	2	2	0	0	0			0	
249	4034	4033	240.5499997	4.500000	2	2	0	0	0			0	

LONGITUD ASTR. = -8.07533100

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE PLUSA	CLAVE DE OBSERVACION
251	4034	4142	258.4702686	4.503000	2	0
252	4034	4035	283.5739433	4.500000	2	0
253	4034	4141	295.4801983	4.500000	2	0
254	4034	4037	335.5616952	4.500000	2	0
255	4035	4037	4.0253639	4.500000	2	0
256	4035	4035	30.2125433	4.500000	2	0
257	4035	4034	39.0236976	4.500000	2	0
258	4035	4033	76.2052043	4.500000	2	0
259	4035	4142	58.5439070	4.500000	2	0
260	4035	4039	103.2307755	4.500000	2	0
261	4035	4035	116.0422612	4.500000	2	0
262	4035	4048	307.5707318	4.500000	2	0
263	4035	4039	352.1804032	4.500000	2	0
264	4037	4034	63.2438347	4.500000	2	0
265	4037	4033	107.4104599	4.500000	2	0
266	4037	4142	108.2709728	4.500000	2	0
267	4037	4141	111.5901845	4.500000	2	0
268	4037	4048	156.2820634	4.500000	2	0
269	4037	4048	223.0033810	4.500000	2	0
270	4037	4049	276.0037346	4.500000	2	0
271	4037	4039	301.3506603	4.500000	2	0
272	4037	4040	321.1518193	4.500000	2	0
273	4037	4040	364.4641367	4.500000	2	0
274	4038	4040	30132.6600000	219.977940	3	1
275	4038	4040	107.3445231	4.500000	2	0
276	4038	4086	154.4619878	4.500000	2	0
277	4038	4037	215.1824680	4.500000	2	0
278	4038	4034	269.1151759	4.500000	2	0
279	4038	4037	312.1518449	4.500000	2	0
280	4038	4042	14.5029839	4.500000	2	0
281	4039	4040	48.4834487	4.500000	2	0
282	4039	4040	85.5658887	4.500000	2	0
283	4039	4086	98.1507665	4.500000	2	0
284	4039	4038	147.2046287	4.500000	2	0
285	4039	4034	181.4432366	4.500000	2	0
286	4039	4035	204.3359713	4.500000	2	0
287	4039	4048	252.3828931	4.500000	2	0
288	4039	4049	319.1316301	4.500000	2	0
289	4039	4041	350.2233261	4.500000	2	0
290	4040	4043	0.0000021	4.500000	2	0
291	4040	4044	50.5832628	4.500000	2	0
292	4040	4086	104.0552044	4.500000	2	0
293	4040	4038	156.2944622	4.500000	2	0
294	4040	4037	185.0027374	4.500000	2	0
295	4040	4039	202.3751322	4.500000	2	0
296	4040	4041	275.5037318	4.500000	2	0
297	4040	4042	3671.5120000	132.909440	3	1
298	4040	4042	0.0000308	4.500000	2	0
299	4041	4051				
300	4041	4051				

Tabla 8.18

T A B L A		D E		O B S E R V A C I O N E S		P E S O		C L A V E D E		O B S E R V A C I O N E S	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	A PARTIR	CLAVE DE CLOSURE	OBSERVACION	CLAVE DE CLOSURE	OBSERVACION	CLAVE DE CLOSURE	OBSERVACION	CLAVE DE CLOSURE
301	4041	4032	62.315847	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
302	4041	4042	145.063243	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
303	4041	4040	278.064508	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
304	4041	4039	293.003640	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
305	4041	4043	76.015967	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
306	4042	4040	49.413115	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
307	4042	4039	84.2203758	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
308	4042	4041	133.060797	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
309	4042	4042	167.534192	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
310	4042	4032	228.2911351	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
311	4042	4037	63773.7510000	42.781020	3	1	1	1	1	1	1
312	4042	4078	265.3754324	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
313	4042	4045	318.4654238	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
314	4042	4043	355.055098	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
315	4043	4046	23.5704344	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
316	4043	4046	75.1957235	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
317	4043	4040	132.1645274	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
318	4043	4040	32166.8390000	193.291700	3	1	1	1	1	1	1
319	4043	4042	211.4029027	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
320	4043	4045	329.0302739	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
321	4043	4043	0.0003064	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
322	4044	4043	44.3735388	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
323	4044	4046	75.1547703	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
324	4044	4047	134.0247600	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
325	4044	4086	213.5816990	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
326	4044	4040	487.5518175	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
327	4044	4042	337.1633396	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
328	4045	4046	359.595998	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
329	4045	4044	23.526409	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
330	4045	4043	79.454818	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
331	4045	4043	379.5548000	138.901880	3	1	1	1	1	1	1
332	4045	4042	78.5224568	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
333	4045	4078	129.5539339	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
334	4045	4074	185.2438483	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
335	4045	4074	316.4443698	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
336	4045	4081	21.2513248	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
337	4046	4045	66.1925333	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
338	4046	4081	188.4252786	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
339	4046	4047	255.3848236	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
340	4046	4043	309.0009759	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
341	4046	4044	359.5959917	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
342	4047	4044	54.1706158	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
343	4047	4081	89.5615844	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
344	4047	4085	269.5814045	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
345	4047	4086	310.3839137	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
346	4047	4086	23.3249934	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
347	4048	4039	53.4518833	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
348	4048	4037	111.0824733	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
349	4048	4035	295.2847866	4.500000	2	0	0	0	0	0	0
350	4048	4050									

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALIBUE	CLAVE DE OBSERVACION
351	4048	4049	337.2955812	4.500000	2	0
352	4049	4051	3.0000143	4.500000	2	0
353	4049	4052	35.5420408	4.500000	2	0
354	4049	4051	63.2210705	4.500000	2	0
355	4049	4059	167.0318607	4.500000	2	0
356	4049	4037	183.4308315	4.500000	2	0
357	4049	4048	234.2346308	4.500000	2	0
358	4049	4050	312.3554553	4.500000	2	0
359	4049	4053	387.2414946	4.500000	2	0
360	4050	4053	47.4417566	4.500000	2	0
361	4050	4051	18.5301330	4.500000	2	0
362	4050	4049	187.3827122	4.500000	2	0
363	4050	4048	207.2515376	4.500000	2	0
364	4050	4054	356.1536158	4.500000	2	0
365	4051	4053	359.5959886	4.500000	2	0
366	4051	4052	104.3557165	4.500000	2	0
367	4051	4051	163.2121221	4.500000	2	0
368	4051	4059	213.0944412	4.500000	2	0
369	4051	4050	287.0014848	4.500000	2	0
370	4052	4057	31.4818028	4.500000	2	0
371	4052	4051	145.4818028	4.500000	2	0
372	4052	4042	139.2733924	4.500000	2	0
373	4052	4041	185.5109788	4.500000	2	0
374	4052	4049	269.0401941	4.500000	2	0
375	4052	4051	244.3356429	4.500000	2	0
376	4052	4053	271.4938890	4.500000	2	0
377	4052	4056	333.3732099	4.500000	2	0
378	4053	4055	359.5959992	4.500000	2	0
379	4053	4056	35.5403026	4.500000	2	0
380	4053	4052	97.5356771	4.500000	2	0
381	4053	4051	146.0421171	4.500000	2	0
382	4053	4049	166.3820001	4.500000	2	0
383	4053	4050	211.5553685	4.500000	2	0
384	4053	4054	280.5833730	4.500000	2	0
385	4053	4053	321.0326054	4.500000	2	0
386	4053	4062	349.0012055	4.500000	2	0
387	4054	4062	359.5959942	4.500000	2	0
388	4054	4053	34.2713354	4.500000	2	0
389	4054	4053	80.5529560	4.500000	2	0
390	4054	4050	130.2407584	4.500000	2	0
391	4054	4063	184.5835518	4.500000	2	0
392	4054	4062	349.5859333	4.500000	2	0
393	4054	4053	288.0377791	4.500000	2	0
394	4054	4053	263.0518718	4.500000	2	0
395	4054	4054	287.3537477	4.500000	2	0
396	4056	4054	0.0000036	4.500000	2	0
397	4056	4057	55.5318921	4.500000	2	0
398	4056	4052	118.1514172	4.500000	2	0
399	4056	4053	174.2731977	4.500000	2	0
400	4056	4055	203.3139610	4.500000	2	0

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	T A B L A	PUNTO DE ESTACION	D E	O S S E R V A C I O N É S	PESO A PRUEBA	CLAVE DE ALICUE	CLAVE DE OBSERVACION
401	4056	4062		241.1543434	4.500000	2	0
402	4056	4066		284.1347081	4.500000	2	0
403	4057	4060		0.0000037	4.500000	2	0
404	4057	4070		12.4603291	4.500000	2	0
405	4057	4075		48.5900479	4.500000	2	0
406	4057	4075		87.3818759	4.500000	2	0
407	4057	4042		132.1204284	4.500000	2	0
408	4057	4042		231.3084908	4.500000	2	0
409	4057	4042		274.5004723	4.500000	2	0
410	4057	4058		347.3916429	4.500000	2	0
411	4057	4061		58.1247529	4.500000	2	0
412	4058	4056		129.0012245	4.500000	2	0
413	4058	4056		185.2859722	4.500000	2	0
414	4058	4061		369.5619379	4.500000	2	0
415	4060	4057		359.5959886	4.500000	2	0
416	4060	4061		151.4450124	4.500000	2	0
417	4061	4058		11.3005454	4.500000	2	0
418	4061	4071		206.4618316	4.500000	2	0
419	4061	4070		255.3549509	4.500000	2	0
420	4061	4060		316.4112405	4.500000	2	0
421	4061	4057		332.3539068	4.500000	2	0
422	4062	4065		0.0000027	4.500000	2	0
423	4062	4066		69.5150261	4.500000	2	0
424	4062	4056		150.3339650	4.500000	2	0
425	4062	4052		182.3516264	4.500000	2	0
426	4062	4053		204.4603390	4.500000	2	0
427	4062	4053		216.5140462	4.500000	2	0
428	4062	4054		257.5436344	4.500000	2	0
429	4062	4063		322.1336687	4.500000	2	0
430	4063	4065		0.0000668	4.500000	2	0
431	4063	4062		73.4137136	4.500000	2	0
432	4063	4053		120.2258228	4.500000	2	0
433	4063	4054		144.2110525	4.500000	2	0
434	4063	4064		316.0127525	4.500000	2	0
435	4064	4065		0.0000337	4.500000	2	0
436	4064	4065		89.5000326	4.500000	2	0
437	4064	4063		389.5943992	4.500000	2	0
438	4065	4062		159.5407018	4.500000	2	0
439	4065	4063		159.5407018	4.500000	2	0
440	4065	4066		305.4712407	4.500000	2	0
441	4065	4058		36.0903349	4.500000	2	0
442	4066	4056		83.5407715	4.500000	2	0
443	4066	4062		160.1416966	4.500000	2	0
444	4066	4065		196.0941145	4.500000	2	0
445	4070	4076		359.5959798	4.500000	2	0
446	4070	4075		71.4106978	4.500000	2	0
447	4070	4078		82.0614960	4.500000	2	0
448	4070	4074		122.3714488	4.500000	2	0
449	4070	4057		200.3043789	4.500000	2	0
450	4070	4061					

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PEST A PRIORI	CLAVE DE ALUMNE	CLAVE DE OBSERVACION
451	4070	4061	25154.2620000	316.637143	3	1
452	4070	4071	283.3533473	4.300000	2	0
453	4070	4072	327.0601929	4.300000	2	0
454	4071	4061	0.0000371	4.300000	2	0
455	4071	4072	209.0213496	4.300000	2	0
456	4071	4076	254.0903760	4.300000	2	0
457	4071	4077	316.4939693	4.300000	2	0
458	4071	4078	32.0148243	4.300000	2	0
459	4072	4071	75.3911137	4.300000	2	0
460	4072	4076	306.2159350	4.300000	2	0
461	4072	4077	0.0000238	4.300000	2	0
462	4073	4076	48.2016931	4.300000	2	0
463	4073	4077	292.2418188	4.300000	2	0
464	4073	4078	40088.7190000	124.433190	3	1
465	4073	4079	33.3837328	4.300000	2	0
466	4074	4073	174.5407579	4.300000	2	0
467	4074	4075	241.3816782	4.300000	2	0
468	4074	4076	287.5547907	4.300000	2	0
469	4074	4077	352.2355806	4.300000	2	0
470	4074	4078	359.5959780	4.300000	2	0
471	4075	4070	51.4718108	4.300000	2	0
472	4075	4076	118.0632699	4.300000	2	0
473	4075	4077	201.9810714	4.300000	2	0
474	4075	4078	266.4903646	4.300000	2	0
475	4075	4079	11.2303388	4.300000	2	0
476	4076	4074	60.3543813	4.300000	2	0
477	4076	4075	117.0720994	4.300000	2	0
478	4076	4076	162.3746315	4.300000	2	0
479	4076	4077	222.1137142	4.300000	2	0
480	4076	4078	300.0020009	4.300000	2	0
481	4076	4079	49.3095990	4.300000	2	0
482	4078	4073	107.3459212	4.300000	2	0
483	4078	4074	183.3238336	4.300000	2	0
484	4078	4075	224.1337344	4.300000	2	0
485	4078	4076	263.4007362	4.300000	2	0
486	4078	4077	348.2656187	4.300000	2	0
487	4078	4078	70.5918794	4.300000	2	0
488	4081	4047	112.3642428	4.300000	2	0
489	4081	4048	184.4716254	4.300000	2	0
490	4081	4049	359.3955964	4.300000	2	0
491	4084	4047	178.1841587	4.300000	2	0
492	4084	4048	203.5712176	4.300000	2	0
493	4084	4049	238.2122043	4.300000	2	0
494	4084	4050	262.4203126	4.300000	2	0
495	4084	4051	287.2139074	4.300000	2	0
496	4084	4052	316.0622297	4.300000	2	0
497	4084	4053	342.4127663	4.300000	2	0
498	4084	4054	41.5238083	4.300000	2	0
499	4085	4047				
500						

Tabla 8.18

TABLA	ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALONUE	CLAVE DE OBSERVACION
501	4085	4084	95.4153024	4.500000	2	0
502	4085	4089	168.0333726	4.500000	2	0
503	4085	4088	230.5314803	4.500000	2	0
504	4085	4087	298.4817518	4.500000	2	0
505	4085	4086	342.0900586	4.500000	2	0
506	4086	4038	42.2614031	4.500000	2	0
507	4086	4039	54.4434290	4.500000	2	0
508	4086	4040	99.0417376	4.500000	2	0
509	4086	4044	152.0001134	4.500000	2	0
510	4086	4047	202.4309570	4.500000	2	0
511	4086	4084	244.3652613	4.500000	2	0
512	4086	4085	282.1909842	4.500000	2	0
513	4086	4088	324.3743466	4.500000	2	0
514	4086	4087	353.3640758	4.500000	2	0
515	4087	4086	359.5959934	4.500000	2	0
516	4087	4085	63.0147094	4.500000	2	0
517	4087	4088	136.5234098	4.500000	2	0
518	4087	4034	189.4528233	4.500000	2	0
519	4087	4038	175.2709246	4.500000	2	0
520	4088	4034	257.5939246	4.500000	2	0
521	4088	4087	25.2324293	4.500000	2	0
522	4088	4086	91.4733063	4.500000	2	0
523	4088	4085	91.4733063	4.500000	2	0
524	4088	4082	111.5643931	4.500000	2	0
525	4088	4092	136.0214497	4.500000	2	0
526	4088	4032	178.5313860	4.500000	2	0
527	4088	4032	264.4251013	4.500000	2	0
528	4089	4085	359.5959990	4.500000	2	0
529	4089	4084	58.3811861	4.500000	2	0
530	4089	4090	111.1944487	4.500000	2	0
531	4089	4012	180.2009413	4.500000	2	0
532	4089	4092	219.0844970	4.500000	2	0
533	4089	4088	287.0419467	4.500000	2	0
534	4090	4084	359.5959985	4.500000	2	0
535	4090	4012	221.2352749	4.500000	2	0
536	4090	4089	292.4409341	4.500000	2	0
537	4092	4010	54.0136724	4.500000	2	0
538	4092	4032	106.2113100	4.500000	2	0
539	4092	4088	139.1749508	4.500000	2	0
540	4092	4089	208.2821945	4.500000	2	0
541	4092	4012	220.2359106	4.500000	2	0
542	4092	4110	358.1409575	4.500000	2	0
543	4099	4088	23.5636136	4.500000	2	0
544	4099	4035	174.5918290	4.500000	2	0
545	4099	4035	174.5918290	4.500000	2	0
546	4099	4009	32.2505143	4.500000	2	0
547	4103	4008	32.2505143	4.500000	2	0
548	4103	4006	89.3309546	4.500000	2	0
549	4103	4104	182.2317290	4.500000	2	0
550	4104	4102	3.11750014	4.500000	2	0

Tabla 8.18

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESERVA (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALIQUOT	CLAVE DE OBSERVACION
551	4104	4308	21.5721863	4.500000	2	0
552	4104	4306	67.1653324	4.500000	2	0
553	4104	4305	111.5953107	4.500000	2	0
554	4104	4303	126.3747160	4.500000	2	0
555	4103	4303	16.3247239	4.500000	2	0
556	4103	4304	162.4228673	4.500000	2	0
557	4103	4306	129.2505040	4.500000	2	0
558	4103	4302	559.5853915	4.500000	2	0
559	4103	4302	52.3421449	4.500000	2	0
560	4108	4311	113.3349659	4.500000	2	0
561	4108	4307	182.3145640	4.500000	2	0
562	4108	4309	287.5640318	4.500000	2	0
563	4110	4313	0.0000009	4.500000	2	0
564	4110	4313	0.0000009	4.500000	2	0
565	4110	4319	26.3607399	4.500000	2	0
566	4110	4311	73.4659540	4.500000	2	0
567	4110	4312	115.2926732	4.500000	2	0
568	4110	4392	174.0140314	4.500000	2	0
569	4110	4312	233.2404742	4.500000	2	0
570	4110	4315	315.3831537	4.500000	2	0
571	4116	4303	87.4743591	4.500000	2	0
572	4116	4301	122.2407088	4.500000	2	0
573	4116	4304	181.5340836	4.500000	2	0
574	4116	4317	254.4229272	4.500000	2	0
575	4118	4316	0.0000009	4.500000	2	0
576	4118	4331	63.4618494	4.500000	2	0
577	4118	4317	123.1411031	4.500000	2	0
578	4118	4304	213.4440848	4.500000	2	0
579	4118	4305	287.0448687	4.500000	2	0
580	4119	4313	559.5959993	4.500000	2	0
581	4119	4320	33.3539869	4.500000	2	0
582	4119	4322	79.1436164	4.500000	2	0
583	4119	4316	171.2537643	4.500000	2	0
584	4119	4305	231.5001323	4.500000	2	0
585	4119	4311	4289.2300000	109.747220	2	1
586	4119	4311	397.4304499	4.500000	2	0
587	4120	4316	0.0000033	4.500000	2	0
588	4120	4311	38.1108336	4.500000	2	0
589	4120	4311	75.0922371	4.500000	2	0
590	4120	4312	109.1114387	4.500000	2	0
591	4120	4312	160.4356612	4.500000	2	0
592	4120	4323	244.1043040	4.500000	2	0
593	4120	4318	290.0550195	4.500000	2	0
594	4120	4318	302.4444407	4.500000	2	0
595	4120	4122	342.5020331	4.500000	2	0
596	4122	4119	359.5959971	4.500000	2	0
597	4122	4120	58.0552326	4.500000	2	0
598	4122	4123	118.4503119	4.500000	2	0
599	4122	4123	204.0322943	4.500000	2	0
600	4122	4018				

Tabla 8.18

T A B L A	NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PLANTA VISADO	"OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALBUQUE	CLAVE DE OBSERVACIÓN	* MÚJ A 13
	601	4122	4130	259.4829262	4.500000	2	0	0
	602	4122	4136	319.3302792	4.500000	2	0	0
	603	4123	4126	0.0000006	4.500000	2	0	0
	604	4123	4125	17.2906042	4.500000	2	0	0
	605	4123	4119	67.2051885	4.500000	2	0	0
	606	4123	4122	100.1837608	4.500000	2	0	0
	607	4123	4120	161.0529819	4.500000	2	0	0
	608	4123	4115	202.4407852	4.500000	2	0	0
	609	4123	4124	329.0535770	4.500000	2	0	0
	610	4124	4126	0.0000028	4.500000	2	0	0
	611	4124	4125	38.3112431	4.500000	2	0	0
	612	4124	4118	70.5155972	4.500000	2	0	0
	613	4124	4123	118.4223788	4.500000	2	0	0
	614	4125	4128	0.0	4.500000	2	0	0
	615	4125	4129	41.4210249	4.500000	2	0	0
	616	4125	4018	84.2458058	4.500000	2	0	0
	617	4125	4123	152.5835526	4.500000	2	0	0
	618	4125	4124	204.1956472	4.500000	2	0	0
	619	4125	4126	279.5750159	4.500000	2	0	0
	620	4126	4127	37.5958849	4.500000	2	0	0
	621	4126	4022	17.2208411	4.500000	2	0	0
	622	4126	4128	47.0484311	4.500000	2	0	0
	623	4126	4125	87.5743294	4.500000	2	0	0
	624	4126	4123	133.3355380	4.500000	2	0	0
	625	4126	4123	133.0129269	4.500000	2	0	0
	626	4126	4124	163.2462658	4.500000	2	0	0
	627	4127	4022	359.5959973	4.500000	2	0	0
	628	4127	4126	70.5008357	4.500000	2	0	0
	629	4127	4126	148.3547187	4.500000	2	0	0
	630	4128	4022	0.0000004	4.500000	2	0	0
	631	4128	4129	81.5933879	4.500000	2	0	0
	632	4128	4018	124.2412868	4.500000	2	0	0
	633	4128	4123	185.0337320	4.500000	2	0	0
	634	4128	4126	231.3630731	4.500000	2	0	0
	635	4128	4127	289.4205401	4.500000	2	0	0
	636	4129	4018	359.5959980	4.500000	2	0	0
	637	4129	4123	61.0625399	4.500000	2	0	0
	638	4129	4022	96.2012888	4.500000	2	0	0
	639	4129	4022	149.4025458	4.500000	2	0	0
	640	4129	4019	224.4733123	4.500000	2	0	0
	641	4129	4131	282.2826137	4.500000	2	0	0
	642	4129	4130	324.2643241	4.500000	2	0	0
	643	4130	4016	359.5959988	4.500000	2	0	0
	644	4130	4122	182.1432799	4.500000	2	0	0
	645	4130	4018	183.5228000	4.500000	2	0	0
	646	4130	4129	196.4258451	4.500000	2	0	0
	647	4130	4019	236.2350555	4.500000	2	0	0
	648	4130	4127	237.3717181	4.500000	2	0	0
	649	4131	4016	359.5959916	4.500000	2	0	0
	650	4131	4016	36105.8140000	133.417780	3	1	1

Tabla 8.18

NÚMERO DE CORRE	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESERVAION (ALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE FLUJO	CLAVE DE RESERVAION
651	4131	4130	60.5113894	4.500000	2	0
652	4131	4129	121.4523108	4.500000	2	0
653	4131	4139	165.2826978	4.500000	2	0
654	4131	4132	213.0313222	4.500000	2	0
655	4131	4117	250.3724617	4.500000	2	0
656	4131	4118	311.1117665	4.500000	2	0
657	4132	4119	0.0000036	4.500000	2	0
658	4132	4021	46.1702014	4.500000	2	0
659	4132	4020	92.3712930	4.500000	2	0
660	4132	4017	176.5224273	4.500000	2	0
661	4132	4131	270.3316960	4.500000	2	0
662	4136	4024	30.3641190	4.500000	2	0
663	4136	4024	116.2041430	4.500000	2	0
664	4136	4139	152.5823897	4.500000	2	0
665	4136	4137	170.0642268	4.500000	2	0
666	4136	4020	222.3943028	4.500000	2	0
667	4137	4024	11.1450476	4.500000	2	0
668	4137	4139	65.0617846	4.500000	2	0
669	4137	4138	130.1847126	4.500000	2	0
670	4137	4136	311.0116242	4.500000	2	0
671	4138	4140	32.2201146	4.500000	2	0
672	4138	4139	329.2013181	4.500000	2	0
673	4138	4024	344.8813181	4.500000	2	0
674	4138	4024	344.5116500	4.500000	2	0
675	4139	4024	18.3433388	4.500000	2	0
676	4139	4140	121.1422335	4.500000	2	0
677	4139	4138	187.4146529	4.500000	2	0
678	4139	4137	277.030784	4.500000	2	0
679	4139	4136	331.5032375	4.500000	2	0
680	4140	4024	6.2004494	4.500000	2	0
681	4140	4025	62.0434048	4.500000	2	0
682	4140	4138	252.2438293	4.500000	2	0
683	4140	4139	322.3126335	4.500000	2	0
684	4141	4034	68.2539570	4.500000	2	0
685	4141	4035	227.5406640	4.500000	2	0
686	4142	4035	75.3123930	4.500000	2	0
687	4142	4141	148.1233179	4.500000	2	0
688	4142	4037	152.4031538	4.500000	2	0
689	4142	4034	210.2848881	4.500000	2	0
690	4142	4033	329.3306922	4.500000	2	0

Tabla 8.18

RESULTADOS DE LA COMPEUSACI3N DE LA

COORDENADAS

CORRECCIONES

VERTICE

VERTICE	COORDENADAS APROXIMADAS	LATITUD		LONGITUD		CORRECCIONES		CORRECCIONES	
NÚMERO	LONGITUD G U S	LATITUD G U S	SEG. METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	SEG. METROS
1	7 29 10.3373	37 11 16.2292	0.0003	0.1333	0.0009	0.026	0.327	7 29 10.3370	37 11 16.2291
2	7 51 48.4022	36 58 33.2083	0.0008	0.1323	0.0004	0.013	0.324	7 51 48.4014	36 58 33.2075
3	9 52 10.9593	41 53 30.2637	0.0005	0.1311	0.0002	0.007	0.312	7 52 10.9590	41 53 30.2634
4	7 55 54.8564	37 6 8.7236	0.0003	0.1307	0.0002	0.007	0.309	7 55 54.8561	37 6 8.7233
5	6 19 12.7932	41 21 22.0345	-0.0013	-0.133	0.0010	0.030	0.342	6 18 12.7929	41 21 22.0342
6	6 18 20.7433	41 39 30.9557	-0.0015	-0.133	0.0007	0.021	0.341	6 18 20.7430	41 39 30.9554
7	6 33 43.7746	41 31 56.4950	-0.0014	-0.1322	0.0006	0.020	0.338	6 33 43.7743	41 31 56.4947
8	6 35 23.3791	41 51 2.2932	-0.0019	-0.134	0.0004	0.015	0.336	6 35 23.3788	41 51 2.2929
9	5 51 32.3126	37 17 5.3860	0.0009	0.1321	0.0003	0.008	0.323	5 51 32.3123	37 17 5.3857
10	5 46 48.6047	37 13 13.9894	0.0004	0.1311	0.0002	0.007	0.320	5 46 48.6044	37 13 13.9891
11	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
12	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
13	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
14	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
15	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
16	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
17	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
18	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
19	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
20	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
21	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
22	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
23	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
24	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
25	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
26	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
27	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
28	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
29	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
30	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
31	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
32	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
33	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
34	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
35	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
36	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
37	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
38	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
39	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
40	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
41	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
42	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
43	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
44	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
45	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
46	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
47	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
48	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
49	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973
50	8 53 2.5584	37 5 12.4976	0.0009	0.1321	0.0004	0.010	0.318	8 53 2.5581	37 5 12.4973

Tabla 8.19

51	4044	- 7 25 26.3709	40 32 5.8009	-0.0004	-0.0004	-0.0000	-0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	-7 25 26.3713	40 32 5.8009	0.0000
52	4048	- 7 40 47.5683	40 38 38.6613	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	- 8 24 47.5683	40 38 38.6613	0.0000
53	4049	- 7 10 46.5791	40 21 9.4059	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	- 7 10 46.5790	40 21 9.4059	-0.0001
54	4050	- 7 44 32.0131	40 26 47.8527	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	- 7 44 32.0132	40 26 47.8527	-0.0001
55	4051	- 7 11 12.4091	40 21 17.1459	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	- 8 21 12.4050	40 21 17.1459	0.0000
56	4052	- 8 16 15.4832	40 32 14.4081	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	-0.0002	- 7 16 16.2694	40 32 14.4081	-0.0002
57	4053	- 8 17 25.6238	40 4 54.6026	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0004	-0.0004	- 8 12 2.6934	40 4 54.6026	-0.0004
58	4054	- 7 39 47.1716	40 13 0.6010	-0.0007	-0.0007	-0.0007	-0.0007	-0.0007	-0.0007	-0.0007	- 7 11 25.6242	40 13 0.6010	-0.0007
59	4055	- 7 36 42.0992	40 13 23.2277	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	-0.0013	- 7 36 42.1005	40 13 23.2277	-0.0013
60	4056	- 8 50 30.1967	39 51 55.9963	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	- 8 50 30.1957	39 51 55.9963	0.0000
61	4057	- 8 55 2.5215	39 26 19.2171	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	- 6 55 2.5212	39 26 19.2170	0.0003
62	4058	- 8 51 10.1124	40 11 48.6890	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	- 8 51 10.1117	40 11 48.6890	0.0007
63	4059	- 8 9 2.5288	39 13 28.6687	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 9 2 50.5882	39 13 28.6687	0.0002
64	4060	- 9 2 23.4295	38 53 43.9307	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	- 9 2 23.4292	38 53 43.9307	0.0003
65	4061	- 8 32 19.3997	39 53 15.0378	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	- 8 32 19.3996	39 53 15.0378	-0.0001
66	4062	- 8 10 40.5722	40 5 27.3048	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	-0.0008	- 8 10 40.5730	40 5 27.3048	-0.0008
67	4063	- 7 55 27.4075	39 53 59.2263	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0006	-0.0006	- 7 55 27.4091	39 53 59.2263	-0.0006
68	4064	- 8 4 43.0134	37 22 18.9690	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	- 8 4 43.0134	37 22 18.9690	0.0000
69	4065	- 8 43 3.3659	37 47 44.4401	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 8 43 3.3657	37 47 44.4401	0.0002
70	4066	- 8 26 4.0255	38 3 9.4584	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	- 8 26 4.0250	38 3 9.4584	0.0005
71	4067	- 8 23 6.7118	37 36 56.5652	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 8 23 6.7116	37 36 56.5651	0.0002
72	4068	- 7 16 59.3037	37 57 56.3725	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	- 7 16 59.3036	37 57 56.3722	0.0001
73	4069	- 7 35 32.3349	37 55 51.4648	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	- 7 35 32.3346	37 55 51.4648	0.0003
74	4070	- 7 45 37.5260	37 42 5.8561	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	- 7 45 37.5259	37 42 5.8561	0.0001
75	4071	- 7 26 41.7698	38 5 43.5352	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 7 26 41.7694	38 5 43.5351	0.0004
76	4072	- 8 9 59.0899	37 52 58.1536	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 8 9 59.0895	37 52 58.1536	0.0004
77	4073	- 7 51 51.7509	38 1 6.9084	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 7 51 51.7505	38 1 6.9084	0.0002
78	4074	- 8 0 14.3094	38 19 24.2878	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 8 0 14.3092	38 19 24.2878	0.0002
79	4075	- 8 38 59.8784	38 10 13.7753	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 8 38 59.8782	38 10 13.7753	0.0002
80	4076	- 8 14 0.9579	38 14 49.5252	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	- 8 14 0.9542	38 14 49.5252	0.0007
81	4077	- 8 31 18.9979	38 29 23.2852	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 8 31 18.9975	38 29 23.2852	0.0004
82	4078	- 7 23 50.8266	38 14 27.7806	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 7 23 50.8264	38 14 27.7806	0.0002
83	4079	- 7 46 51.8269	38 26 38.5994	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 7 46 51.8267	38 26 38.5994	0.0002
84	4080	- 8 11 35.5461	38 26 38.5994	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 8 11 35.5459	38 26 38.5994	0.0004
85	4081	- 8 21 55.7860	40 10 54.5627	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	0.0007	- 8 21 55.7860	40 10 54.5627	0.0007
86	4082	- 8 29 57.1601	40 1 43.9008	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	- 8 29 57.1600	40 1 43.9008	0.0001
87	4083	- 7 22 49.4882	38 26 37.0470	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 7 22 49.4878	38 26 37.0470	0.0004
88	4084	- 8 31 7.3724	39 8 36.5907	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	- 8 31 7.3719	39 8 36.5907	0.0003
89	4085	- 8 31 4.2371	38 50 30.5979	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	- 8 31 4.2365	38 50 30.5979	0.0005
90	4086	- 8 24 54.0121	39 20 14.6871	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	- 8 24 54.0116	39 20 14.6871	0.0005
91	4087	- 8 38 7.5145	39 32 13.4358	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	- 8 38 7.5144	39 32 13.4355	0.0001
92	4088	- 7 59 12.9743	38 43 37.0452	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	- 7 59 12.9741	38 43 37.0453	0.0002
93	4089	- 7 37 17.5330	38 55 23.3463	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	- 7 37 17.5326	38 55 23.3463	0.0004
94	4090	- 7 39 10.4045	38 55 3.5110	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	- 7 39 10.4042	38 55 3.5110	0.0003
95	4091	- 7 34 57.9527	38 44 26.6770	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	- 7 34 57.9526	38 44 26.6770	0.0001
96	4092	- 8 11 0.9195	39 4 42.9316	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	- 8 11 0.9194	39 4 42.9316	0.0005
97	4093	- 8 0 36.7137	39 22 5.8722	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	- 8 0 36.7132	39 22 5.8722	0.0005
98	4094												
99	4095												
100	4096												

Tabla 8.19

VERTICE		CORRECCIONES										COORDENADAS APROXIMADAS		COORDENADAS CORREGIDAS	
NUMERO	NOMBRE	CORRECCIONES					COORDENADAS APROXIMADAS					COORDENADAS APROXIMADAS		COORDENADAS CORREGIDAS	
		LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	ESPLZ	LONGITUD	LATITUD	ESPLZ	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD
		G M S	G M S	SEG. METROS	SEG. METROS	METROS	SEG. METROS	SEG. METROS	METROS	G M S	G M S	G M S	G M S	G M S	G M S
101	4092	- 7 37 43.9158	39 34 35.7360	0.0003	0.006	0.0002	0.006	0.0002	0.006	- 7 37 43.9165	39 34 35.7362	- 7 37 43.9165	39 34 35.7362	- 7 37 43.9165	39 34 35.7362
102	4015	- 7 15 27.3491	38 50 28.1711	0.0003	0.008	-0.0000	-0.001	0.0000	0.008	- 7 15 27.3488	38 50 28.1711	- 7 15 27.3488	38 50 28.1711	- 7 15 27.3488	38 50 28.1711
103	4014	- 7 6 21.5044	39 1 56.4463	0.0004	0.010	0.0002	0.006	0.0002	0.012	- 7 6 21.5040	39 1 56.4455	- 7 6 21.5040	39 1 56.4455	- 7 6 21.5040	39 1 56.4455
104	4012	- 7 21 33.5334	39 14 53.0904	-0.0004	-0.010	-0.0004	-0.012	-0.0004	-0.016	- 7 21 33.5338	39 14 53.0900	- 7 21 33.5338	39 14 53.0900	- 7 21 33.5338	39 14 53.0900
105	4089	- 7 27 44.8020	39 48 13.1372	-0.0002	-0.005	0.0001	0.003	0.0001	0.005	- 7 27 44.8022	39 48 13.1373	- 7 27 44.8022	39 48 13.1373	- 7 27 44.8022	39 48 13.1373
106	4090	- 7 2 19.6005	39 44 3.3546	0.0004	0.010	0.0001	0.002	0.0001	0.011	- 7 2 19.6001	39 44 3.3547	- 7 2 19.6001	39 44 3.3547	- 7 2 19.6001	39 44 3.3547
107	4084	- 7 6 47.9178	40 2 12.9725	0.0003	0.007	0.0002	0.005	0.0002	0.009	- 7 6 47.9175	40 2 12.9727	- 7 6 47.9175	40 2 12.9727	- 7 6 47.9175	40 2 12.9727

Tabla 8.19

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	RESERVA (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE CONSERVACION
1	4019	4044	60.3610180	4.500000	2	0
2	4047	4084	216.2555220	4.500000	2	0
3	4031	4004	0.0	4.500000	2	0
4	4001	4004	2604.6793706	294.388180	3	1
5	4031	4116	46.3552220	4.500000	2	0
6	4001	4003	153.2006230	4.500000	2	0
7	4001	4002	281.2815630	4.500000	2	0
8	4001	4003	306.0959410	4.500000	2	0
9	4002	4004	0.0	4.500000	2	0
10	4002	4001	34.5402160	4.500000	2	0
11	4002	4003	91.0118940	4.500000	2	0
12	4002	4105	148.2755170	4.500000	2	0
13	4002	4006	211.1757490	4.500000	2	0
14	4002	4007	282.1013870	4.500000	2	0
15	4002	4003	301.1234270	4.500000	2	0
16	4002	4002	4.2850220	4.500000	2	0
17	4003	4001	48.4336220	4.500000	2	0
18	4004	4004	54.4326330	4.500000	2	0
19	4003	4104	31.2251100	4.500000	2	0
20	4003	4104	305.1648190	4.500000	2	0
21	4003	4105	334.5921280	4.500000	2	0
22	4003	4006	340.0851160	4.500000	2	0
23	4004	4003	0.0	4.500000	2	0
24	4004	4016	42.0932800	4.500000	2	0
25	4004	4118	56.3833770	4.500000	2	0
26	4004	4017	105.4843440	4.500000	2	0
27	4004	4116	187.4821100	4.500000	2	0
28	4004	4003	248.5930940	4.500000	2	0
29	4004	4001	261.4129210	4.500000	2	0
30	4004	4002	288.1544310	4.500000	2	0
31	4005	4011	0.0	4.500000	2	0
32	4005	4019	37.4910940	4.500000	2	0
33	4005	4016	88.5333880	4.500000	2	0
34	4005	4118	133.0344120	4.500000	2	0
35	4005	4004	180.0435860	4.500000	2	0
36	4005	4001	207.5627900	4.500000	2	0
37	4005	4002	227.3338270	4.500000	2	0
38	4005	4006	261.3300270	4.500000	2	0
39	4005	4007	302.5808090	4.500000	2	0
40	4006	4002	30.5320430	4.500000	2	0
41	4006	4003	43.4011190	4.500000	2	0
42	4006	4104	117.1028110	4.500000	2	0
43	4006	4102	150.2159110	4.500000	2	0
44	4006	4008	194.0651190	4.500000	2	0
45	4006	4009	214.3100230	4.500000	2	0
46	4006	4007	268.0119200	4.500000	2	0
47	4006	4003	301.5415970	4.500000	2	0
48	4007	4005	0.0	4.500000	2	0
49	4007	4005	67.5253600	4.500000	2	0
50	4007	4002				

Tabla 8.20

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
51	4007	4006	103.013780	4.500000	2	0
52	4007	4006	188.513000	4.500000	2	0
53	4007	4009	188.182890	4.500000	2	0
54	4007	4010	238.038130	4.500000	2	0
55	4007	4011	291.353270	4.500000	2	0
56	4008	4009	46.201830	4.500000	2	0
57	4008	4007	113.251160	4.500000	2	0
58	4008	4006	181.385520	4.500000	2	0
59	4008	4104	239.210880	4.500000	2	0
60	4008	4102	255.032380	4.500000	2	0
61	4008	4009	347.583730	4.500000	2	0
62	4009	4032	0.0	4.500000	2	0
63	4009	4108	71.4408500	4.500000	2	0
64	4009	4011	78.480300	4.500000	2	0
65	4009	4007	106.364960	4.500000	2	0
66	4009	4006	153.471330	4.500000	2	0
67	4009	4008	178.042260	4.500000	2	0
68	4009	4009	268.1135900	4.500000	2	0
69	4009	4035	278.030830	4.500000	2	0
70	4009	4033	303.110280	4.500000	2	0
71	4009	4034	328.344730	4.500000	2	0
72	4010	4032	C.J	4.500000	2	0
73	4010	4032	37771.4262307	146.18440	2	1
74	4010	4092	70.451180	4.500000	2	0
75	4010	4012	111.223070	4.500000	2	0
76	4010	4110	136.028070	4.500000	2	0
77	4010	4111	240.021680	4.500000	2	0
78	4010	4008	240.1351200	4.500000	2	0
79	4010	4009	305.0540700	4.500000	2	0
80	4011	4108	0.0	4.500000	2	0
81	4011	4032	38.3906880	4.500000	2	0
82	4011	4032	4.0340480	6.000000	4	2
83	4011	4010	59.4846230	4.500000	2	0
84	4011	4010	35569.9082328	158.073900	3	1
85	4011	4012	104.1018570	4.500000	2	0
86	4011	4110	110.0849600	4.500000	2	0
87	4011	4013	143.3632780	4.500000	2	0
88	4011	4120	160.0143320	4.500000	2	0
89	4011	4119	190.3917020	4.500000	2	0
90	4011	4016	214.4942700	4.500000	2	0
91	4011	4005	262.1533260	4.500000	2	0
92	4011	4007	316.2955110	4.500000	2	0
93	4011	4009	357.2645630	4.500000	2	0
94	4012	4092	0.0	4.500000	2	0
95	4012	4089	29.1645194	4.500000	2	0
96	4012	4084	53.1042354	4.500000	2	0
97	4012	4090	188.2607930	4.500000	2	0
98	4012	4014	188.3011610	4.500000	2	0
99	4012	4015	208.2824132	4.500000	2	0
100	4012	4120	235.2816233	4.500000	2	0

LONGITUD ASTA. = -8.1117630

Tabla 8.20

ORDEN DE SERVICIO	PUNTO DE ESTACION	PUERTO DE VISADO	RESERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ROLLO	CLAVE DE OBSERVACION
121	4012	4013	248.3215630	4.500000	2	0
122	4012	4010	277.1623230	4.500000	2	0
123	4012	4010	287.1621210	4.500000	2	0
124	4012	4010	314.1953780	4.500000	2	0
125	4012	4012	341.1912420	4.500000	2	0
126	4013	4110	0.0	4.500000	2	0
127	4013	4012	28.4333470	4.500000	2	0
128	4013	4014	69.4015780	4.500000	2	0
129	4013	4015	98.3923230	4.500000	2	0
130	4013	4120	157.3601710	4.500000	2	0
131	4013	4119	228.5303930	4.500000	2	0
132	4013	4011	286.1238760	4.500000	2	0
133	4013	4010	327.1844600	4.500000	2	0
134	4014	4015	0.0	4.500000	2	0
135	4014	4013	42.1815990	4.500000	2	0
136	4014	4012	113.1993812	4.500000	2	0
137	4015	4014	0.0	4.500000	2	0
138	4015	4123	161.5595372	4.500000	2	0
139	4015	4120	216.5033281	4.500000	2	0
140	4015	4013	252.1728670	4.500000	2	0
141	4015	4110	289.1632220	4.500000	2	0
142	4015	4012	318.4805452	4.500000	2	0
143	4016	4119	0.0	4.500000	2	0
144	4016	4120	24.5002620	4.500000	2	0
145	4016	4119	24713.1188434	327.489140	3	1
146	4016	4122	66.1556270	4.500000	2	0
147	4016	4018	89.1556270	4.500000	2	0
148	4016	4130	106.1528390	4.500000	2	0
149	4016	4016	170.4637880	4.500000	2	0
150	4016	4017	170.4637880	4.500000	2	0
151	4016	4018	208.2340180	4.500000	2	0
152	4016	4004	228.3911380	4.500000	2	0
153	4016	4005	271.1841670	4.500000	2	0
154	4016	4011	314.5841080	4.500000	2	0
155	4017	4132	0.0	4.500000	2	0
156	4017	4021	38.1514650	4.500000	2	0
157	4017	4020	63.2846100	4.500000	2	0
158	4017	4116	182.4700940	4.500000	2	0
159	4017	4004	207.4707150	4.500000	2	0
160	4017	4118	251.1639460	4.500000	2	0
161	4017	4016	276.2505030	4.500000	2	0
162	4017	4131	311.1446050	4.500000	2	0
163	4018	4016	0.0	4.500000	2	0
164	4018	4122	40.4657880	4.500000	2	0
165	4018	4120	62.1032400	4.500000	2	0
166	4018	4123	102.4093590	4.500000	2	0
167	4018	4124	136.2312160	4.500000	2	0
168	4018	4125	168.0935570	4.500000	2	0
169	4018	4126	189.2627250	4.500000	2	0
170	4018	4128	199.0512850	4.500000	2	0

Tabla 8.20

T A B L A D E O B S E R V A C I O N E S									
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	HUJA	CLAVE DE OBSERVACION		
151	4018	4022	222.4252250	4.500000	2	0		LONGITUD ASTR. = -8.10065300	
152	4018	4129	240.2022310	4.500000	2	0			
153	4018	4019	264.2653230	4.500000	2	0			
154	4018	4130	338.0955310	4.500000	2	0			
155	4019	4021	0.0	4.500000	2	0			
156	4019	4020	45.4402710	4.500000	2	0			
157	4019	4132	95.3521090	4.500000	2	0			
158	4019	4131	138.3388610	119.243000	2	0			
159	4019	4131	408.61566287	4.500000	2	1			
160	4019	4130	183.0154190	4.500000	2	0			
161	4019	4018	189.2851110	4.500000	2	0			
162	4019	4129	307.0953420	4.500000	2	0			
163	4019	4022	358.0453620	4.500000	2	0			
164	4019	4023	112.1414330	6.000000	2	0			
165	4020	4132	0.0	4.500000	2	0			
166	4020	4019	37.3132540	4.500000	2	0			
167	4020	4021	43.0322710	4.500000	2	0			
168	4020	4024	127.2601540	4.500000	2	0			
169	4020	4136	134.5962340	4.500000	2	0			
170	4020	4017	327.4356470	4.500000	2	0			
171	4021	4023	0.0	4.500000	2	0			
172	4021	4024	74.1992970	4.500000	2	0			
173	4021	4136	112.5205000	4.500000	2	0			
174	4021	4020	169.1936180	4.500000	2	0			
175	4021	4017	204.4642180	4.500000	2	0			
176	4021	4132	219.5605420	4.500000	2	0			
177	4021	4132	248.0345750	4.500000	2	0			
178	4021	4019	305.0539120	4.500000	2	0			
179	4021	4022	0.0	4.500000	2	0			
180	4022	4023	461.811327295	93.776720	2	0			
181	4022	4021	42.4502170	4.500000	2	1		LONGITUD ASTR. = -8.04501000	
182	4022	4019	41.4714310	4.500000	2	0			
183	4022	4129	127.4538140	4.500000	2	0			
184	4022	4018	132.2801400	4.500000	2	0			
185	4022	4128	132.2801400	4.500000	2	0			
186	4022	4129	137.2801400	4.500000	2	0			
187	4022	4129	211.1802320	4.500000	2	0			
188	4022	4127	350.0252590	4.500000	2	0			
189	4023	4021	0.0	4.500000	2	0			
190	4023	4019	37.0828530	4.500000	2	0			
191	4023	4019	352.1727440	6.000000	2	0			
192	4023	4022	42.2042780	4.500000	2	0			
193	4023	4027	159.4503800	4.500000	2	0			
194	4023	4026	201.1217700	4.500000	2	0			
195	4023	4025	272.1034780	4.500000	2	0			
196	4023	4024	307.2343890	4.500000	2	0			
197	4024	4021	0.0	4.500000	2	0			
198	4024	4023	43.0444300	4.500000	2	0			
199	4024	4023	108.2725330	4.500000	2	0			
200	4024	4025		4.500000	2	0			

Tabla 8.20

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE FLORUE	CLAVE DE OBSERVACION
201	4024	4160	174.0711720	4.500000	2	0
202	4024	4138	201.5803520	4.500000	2	0
203	4024	4139	207.3844820	4.500000	2	0
204	4024	4137	232.1635500	4.500000	2	0
205	4024	4136	304.1701570	4.500000	2	0
206	4024	4030	319.2308170	4.500000	2	0
207	4023	4023	0.0	4.500000	2	0
208	4023	4026	48.2812050	4.500000	2	0
209	4023	4160	211.5941520	4.500000	2	0
210	4023	4034	270.3527970	4.500000	2	0
211	4026	4023	0.0	4.500000	2	0
212	4026	4027	70.5912170	4.500000	2	0
213	4026	4028	180.0512020	4.500000	2	0
214	4026	4023	299.2644940	4.500000	2	0
215	4027	4022	18.1342260	4.500000	2	0
216	4027	4028	126.1147300	4.500000	2	0
217	4027	4026	221.0131730	4.500000	2	0
218	4027	4026	319.3548410	4.500000	2	0
219	4027	4027	319.3548410	4.500000	2	0
220	4027	4032	3338.2679887	179.394300	3	1
221	4028	4027	0.0	4.500000	2	0
222	4028	4029	36.2224570	4.500000	2	0
223	4028	4026	316.0547770	4.500000	2	0
224	4029	4028	211.3310870	4.500000	2	0
225	4029	4027	262.2035020	4.500000	2	0
226	4029	4027	23213.6232905	371.141080	3	1
227	4032	4028	0.0	4.500000	2	0
228	4032	4032	61.1549910	4.500000	2	0
229	4032	4012	76.3749590	4.500000	2	0
230	4032	4010	118.3205050	4.500000	2	0
231	4032	4011	138.2429890	4.500000	2	0
232	4032	4011	164.0549670	6.000000	4	2
233	4032	4108	166.1137660	4.500000	2	0
234	4032	4009	202.2412460	4.500000	2	0
235	4032	4033	260.0141110	4.500000	2	0
236	4032	4034	308.3497600	4.500000	2	0
237	4033	4009	34.4017720	4.500000	2	0
238	4033	4023	106.4021130	4.500000	2	0
239	4033	4023	216.0538562	4.500000	2	0
240	4033	4022	231.2638170	4.500000	2	0
241	4033	4027	231.2638170	4.500000	2	0
242	4034	4034	242.0918020	4.500000	2	0
243	4033	4032	329.0637350	4.500000	2	0
244	4034	4039	0.0	4.500000	2	0
245	4034	4038	33.5730070	4.500000	2	0
246	4034	4038	38715.1321228	133.433440	3	1
247	4034	4036	63.5140870	4.500000	2	0
248	4034	4037	67.3751120	4.500000	2	0
249	4034	4038	143.0740310	4.500000	2	0
250	4034	4032	176.4528310	4.500000	2	0

LONGITUD ASTR. = -8.07533100

Tabla 8.20

T A B L A D E U D S E R V A C I O N E S									
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIMI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION	HOJA 6		
251	4034	4039	214.493920	4.500000	2	0	0	0	0
252	4034	4035	240.550510	4.500000	2	0	0	0	0
253	4034	4036	256.470279	4.500000	2	0	0	0	0
254	4034	4037	283.573960	4.500000	2	0	0	0	0
255	4034	4038	295.480187	4.500000	2	0	0	0	0
256	4034	4039	335.561670	4.500000	2	0	0	0	0
257	4035	4037	4.0253630	4.500000	2	0	0	0	0
258	4035	4038	30.212432	4.500000	2	0	0	0	0
259	4035	4039	39.0236840	4.500000	2	0	0	0	0
260	4035	4040	76.2051940	4.500000	2	0	0	0	0
261	4035	4041	58.543971	4.500000	2	0	0	0	0
262	4035	4042	103.2307680	4.500000	2	0	0	0	0
263	4035	4043	116.0422650	4.500000	2	0	0	0	0
264	4035	4044	307.5707890	4.500000	2	0	0	0	0
265	4035	4045	352.1804050	4.500000	2	0	0	0	0
266	4037	4034	63.243180	4.500000	2	0	0	0	0
267	4037	4035	107.4104600	4.500000	2	0	0	0	0
268	4037	4036	108.270731	4.500000	2	0	0	0	0
269	4037	4037	111.5901905	4.500000	2	0	0	0	0
270	4037	4038	156.2623610	4.500000	2	0	0	0	0
271	4037	4039	223.003710	4.500000	2	0	0	0	0
272	4037	4040	276.0037400	4.500000	2	0	0	0	0
273	4037	4041	301.506650	4.500000	2	0	0	0	0
274	4037	4042	331.1916120	4.500000	2	0	0	0	0
275	4037	4043	352.1916520	4.500000	2	0	0	0	0
276	4038	4040	36.0448150	219.977940	3	0	0	0	0
277	4038	4043	301.5188160	4.500000	2	0	0	0	0
278	4038	4046	107.284960	4.500000	2	0	0	0	0
279	4038	4047	154.461960	4.500000	2	0	0	0	0
280	4038	4048	215.1824520	4.500000	2	0	0	0	0
281	4038	4049	269.1151760	4.500000	2	0	0	0	0
282	4038	4051	312.1518580	4.500000	2	0	0	0	0
283	4039	4042	14.5027850	4.500000	2	0	0	0	0
284	4039	4046	48.4834600	4.500000	2	0	0	0	0
285	4039	4048	85.5658780	4.500000	2	0	0	0	0
286	4039	4048	98.1507770	4.500000	2	0	0	0	0
287	4039	4034	147.2046300	4.500000	2	0	0	0	0
288	4039	4037	181.4532160	4.500000	2	0	0	0	0
289	4039	4035	204.3559570	4.500000	2	0	0	0	0
290	4039	4048	252.3928750	4.500000	2	0	0	0	0
291	4039	4049	319.1316300	4.500000	2	0	0	0	0
292	4039	4041	350.2233210	4.500000	2	0	0	0	0
293	4040	4043	0.0	4.500000	2	0	0	0	0
294	4040	4044	50.5832480	4.500000	2	0	0	0	0
295	4040	4046	104.0531800	4.500000	2	0	0	0	0
296	4040	4048	156.2944650	4.500000	2	0	0	0	0
297	4040	4040	183.0051800	4.500000	2	0	0	0	0
298	4040	4037	202.3751370	4.500000	2	0	0	0	0
299	4040	4039	275.505560	4.500000	2	0	0	0	0
300	4040	4042	313.5917550	4.500000	2	0	0	0	0

Tabla 8.20

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	RESERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
301	4040	4042	38791.353009	132.909680	2	1
302	4041	4041	0.0	4.500000	2	0
303	4041	4042	42.3130820	4.500000	2	0
304	4041	4042	141.2631610	4.500000	2	0
305	4041	4040	195.8632970	4.500000	2	0
306	4041	4039	248.0031030	4.500000	2	0
307	4041	4049	293.1030580	4.500000	2	0
308	4042	4044	16.015960	4.500000	2	0
309	4042	4040	49.4131110	4.500000	2	0
310	4042	4039	86.2203760	4.500000	2	0
311	4042	4041	133.0009860	4.500000	2	0
312	4042	4042	187.5936210	4.500000	2	0
313	4042	4037	228.2911330	4.500000	2	0
314	4042	4042	68372.6913381	42.781020	3	1
315	4042	4078	265.3746330	4.500000	2	0
316	4042	4043	318.6646260	4.500000	2	0
317	4042	4043	355.0555100	4.500000	2	0
318	4043	4046	23.5704330	4.500000	2	0
319	4043	4044	72.1957260	4.500000	2	0
320	4043	4040	132.1645260	4.500000	2	0
321	4043	4042	32166.7080809	193.291700	3	1
322	4043	4042	211.4029030	4.500000	2	0
323	4043	4043	323.0302750	4.500000	2	0
324	4044	4043	0.0	4.500000	2	0
325	4044	4043	44.3733360	4.500000	2	0
326	4044	4044	72.1347630	4.500000	2	0
327	4044	4047	134.0247630	4.500000	2	0
328	4044	4046	212.5818760	4.500000	2	0
329	4044	4044	227.1618760	4.500000	2	0
330	4044	4042	331.1633330	4.500000	2	0
331	4044	4044	0.0	4.500000	2	0
332	4044	4044	21.3524040	4.500000	2	0
333	4044	4043	52.4036190	4.500000	2	0
334	4044	4043	37945.4096065	138.901880	3	1
335	4043	4042	78.5924570	4.500000	2	0
336	4043	4078	129.5220930	4.500000	2	0
337	4043	4074	185.2439880	4.500000	2	0
338	4043	4081	316.4443720	4.500000	2	0
339	4046	4043	21.2513230	4.500000	2	0
340	4046	4081	86.1925330	4.500000	2	0
341	4046	4047	188.4232780	4.500000	2	0
342	4046	4044	255.2848242	4.500000	2	0
343	4046	4043	309.0009752	4.500000	2	0
344	4047	4044	0.0	4.500000	2	0
345	4047	4046	54.1706140	4.500000	2	0
346	4047	4081	89.5613830	4.500000	2	0
347	4047	4043	269.3814030	4.500000	2	0
348	4047	4046	310.3814030	4.500000	2	0
349	4048	4049	23.2347260	4.500000	2	0
350	4048	4037	33.4918730	4.500000	2	0

Tabla 8.20

T A B L A		D E O B S E R V A C I O N E S										H O J A	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION							
351	4048	4035	111.0928710	4.500000	2	0							
352	4048	4030	295.2857890	4.500000	2	0							
353	4048	4049	337.2955800	4.500000	2	0							
354	4049	4031	0.0	4.500000	2	0							
355	4049	4032	35.5423420	4.500000	2	0							
356	4049	4041	63.2217660	4.500000	2	0							
357	4049	4037	167.0313610	4.500000	2	0							
358	4049	4039	185.4308370	4.500000	2	0							
359	4049	4048	236.2346260	4.500000	2	0							
360	4049	4030	312.3534280	4.500000	2	0							
361	4049	4033	347.2414720	4.500000	2	0							
362	4050	4033	41.4311310	4.500000	2	0							
363	4050	4031	145.3824340	4.500000	2	0							
364	4050	4048	207.2315690	4.500000	2	0							
365	4050	4034	396.1536130	4.500000	2	0							
366	4031	4032	0.0	4.500000	2	0							
367	4031	4032	106.3357100	4.500000	2	0							
368	4031	4041	163.2123940	4.500000	2	0							
369	4031	4049	213.0944240	4.500000	2	0							
370	4031	4030	287.0015840	4.500000	2	0							
371	4031	4030	31.4815830	4.500000	2	0							
372	4032	4037	81.4653720	4.500000	2	0							
373	4032	4078	139.2733980	4.500000	2	0							
374	4032	4042	185.4308370	4.500000	2	0							
375	4032	4041	209.0401340	4.500000	2	0							
376	4032	4049	246.2336340	4.500000	2	0							
377	4032	4031	271.4938790	4.500000	2	0							
378	4032	4032	333.3732090	4.500000	2	0							
379	4032	4036	0.0	4.500000	2	0							
380	4033	4035	35.5403090	4.500000	2	0							
381	4033	4036	97.2336840	4.500000	2	0							
382	4033	4032	146.5413680	4.500000	2	0							
383	4033	4031	166.5815320	4.500000	2	0							
384	4033	4049	266.2337780	4.500000	2	0							
385	4033	4034	290.5833660	4.500000	2	0							
386	4033	4034	321.0324030	4.500000	2	0							
387	4033	4042	349.0012090	4.500000	2	0							
388	4034	4042	0.0	4.500000	2	0							
389	4034	4033	34.2713330	4.500000	2	0							
390	4034	4033	80.5529450	4.500000	2	0							
391	4034	4033	130.2407360	4.500000	2	0							
392	4034	4030	316.5831610	4.500000	2	0							
393	4034	4063	0.0	4.500000	2	0							
394	4035	4062	88.0327760	4.500000	2	0							
395	4035	4036	203.0518730	4.500000	2	0							
396	4035	4033	267.3537860	4.500000	2	0							
397	4035	4034	0.0000031	4.500000	2	0							
398	4036	4038	55.5313943	4.500000	2	0							
399	4036	4037	118.1514133	4.500000	2	0							
400	4036	4032											

Tabla 8.20

ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISAO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALIQUOT	CLAVE DE OBSERVACION
401	4036	4033	174.2732037	4.500000	2	0
402	4036	4035	203.3133530	4.500000	2	0
403	4036	4062	241.1543295	4.500000	2	0
404	4036	4066	284.1347112	4.500000	2	0
405	4037	4060	0.0	4.500000	2	0
406	4037	4070	12.4602285	4.500000	2	0
407	4037	4075	48.3903413	4.500000	2	0
408	4037	4078	89.5817511	4.500000	2	0
409	4037	4082	130.1209452	4.500000	2	0
410	4037	4092	162.0314604	4.500000	2	0
411	4037	4096	221.3044910	4.500000	2	0
412	4037	4058	274.5008759	4.500000	2	0
413	4038	4037	347.5918440	4.500000	2	0
414	4038	4036	38.1241150	4.500000	2	0
415	4038	4066	124.5051700	4.500000	2	0
416	4038	4068	184.5837700	4.500000	2	0
417	4038	4057	349.6139410	4.500000	2	0
418	4040	4057	0.0	4.500000	2	0
419	4040	4061	151.4450100	4.500000	2	0
420	4041	4058	11.3005440	4.500000	2	0
421	4041	4071	206.4618390	4.500000	2	0
422	4041	4070	253.3549490	4.500000	2	0
423	4041	4060	316.4112500	4.500000	2	0
424	4041	4037	332.3539070	4.500000	2	0
425	4042	4065	0.0	4.500000	2	0
426	4042	4066	69.5150380	4.500000	2	0
427	4042	4036	150.3339540	4.500000	2	0
428	4042	4032	182.3516170	4.500000	2	0
429	4042	4035	204.4609440	4.500000	2	0
430	4042	4033	216.5140490	4.500000	2	0
431	4042	4034	257.5436400	4.500000	2	0
432	4042	4063	322.1336650	4.500000	2	0
433	4043	4063	0.0000688	4.500000	2	0
434	4043	4062	73.4137109	4.500000	2	0
435	4043	4033	120.2258243	4.500000	2	0
436	4043	4034	144.2110643	4.500000	2	0
437	4043	4064	316.0127110	4.500000	2	0
438	4044	4063	0.0000252	4.500000	2	0
439	4044	4065	84.3521174	4.500000	2	0
440	4045	4063	314.5939114	4.500000	2	0
441	4045	4064	119.3202034	4.500000	2	0
442	4045	4065	305.4712433	4.500000	2	0
443	4046	4038	36.0903339	4.500000	2	0
444	4046	4058	63.5407732	4.500000	2	0
445	4046	4066	140.1417218	4.500000	2	0
446	4046	4062	196.0941111	4.500000	2	0
447	4046	4065	359.5959965	4.500000	2	0
448	4070	4076	71.4106469	4.500000	2	0
449	4075	4075	82.0614959	4.500000	2	0
450	4070	4078		4.500000	2	0

Tabla 8.20

T A B L A		D E J B S E R V A C I O N E S					CLAVE DE OBSERVACION		HOJA 10	
NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE FLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION				
451	4070	4037	122.3714438	4.500000	2	0				
452	4070	4061	200.3043777	4.500000	2	0				
453	4070	4061	25154.1794227	316.087140	3	1				
454	4070	4071	283.5553566	4.500000	2	0				
455	4070	4072	327.0602027	4.500000	2	0				
456	4071	4061	0.0000449	4.500000	2	0				
457	4071	4072	209.0213509	4.500000	2	0				
458	4071	4076	254.0908977	4.500000	2	0				
459	4071	4070	319.1432626	4.500000	2	0				
460	4072	4076	359.5959743	4.500000	2	0				
461	4072	4070	32.0184315	4.500000	2	0				
462	4072	4071	75.3913148	4.500000	2	0				
463	4073	4071	306.2153336	4.500000	2	0				
464	4073	4072	0.0000247	4.500000	2	0				
465	4073	4072	48.2016813	4.500000	2	0				
466	4073	4074	292.2418210	4.500000	2	0				
467	4073	4074	40068.5777977	124.433180	3	1				
468	4074	4073	33.3837331	4.500000	2	0				
469	4074	4043	174.5407512	4.500000	2	0				
470	4074	4078	241.3816782	4.500000	2	0				
471	4074	4075	287.5547969	4.500000	2	0				
472	4074	4076	352.2357795	4.500000	2	0				
473	4075	4070	359.5959811	4.500000	2	0				
474	4075	4074	51.4718151	4.500000	2	0				
475	4075	4074	118.0632827	4.500000	2	0				
476	4075	4078	201.5810748	4.500000	2	0				
477	4075	4037	266.4903622	4.500000	2	0				
478	4076	4074	11.2303348	4.500000	2	0				
479	4076	4075	60.3543648	4.500000	2	0				
480	4076	4070	117.0721033	4.500000	2	0				
481	4076	4076	162.5746344	4.500000	2	0				
482	4076	4072	222.1139732	4.500000	2	0				
483	4076	4073	300.1324334	4.500000	2	0				
484	4078	4075	0.0	4.500000	2	0				
485	4078	4074	49.5052990	4.500000	2	0				
486	4078	4043	107.3052400	4.500000	2	0				
487	4078	4062	183.3338340	4.500000	2	0				
488	4078	4032	224.1337400	4.500000	2	0				
489	4078	4037	245.4007400	4.500000	2	0				
490	4078	4070	348.2856190	4.500000	2	0				
491	4081	4047	70.5918795	4.500000	2	0				
492	4081	4046	112.5642443	4.500000	2	0				
493	4081	4047	184.4716215	4.500000	2	0				
494	4084	4043	0.0	4.500000	2	0				
495	4084	4090	178.1841643	4.500000	2	0				
496	4084	4012	203.5712169	4.500000	2	0				
497	4084	4069	234.2122023	4.500000	2	0				
498	4084	4088	262.4203170	4.500000	2	0				
499	4084	4085	287.2138170	4.500000	2	0				
500	4084	4086	316.0624440	4.500000	2	0				

Tabla 8.20

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLQUE	CLAVE DE OBSERVACION
501	4034	4044	343.412720	4.500000	2	0
502	4035	4047	41.5238130	4.500000	2	0
503	4035	4084	91.4159190	4.500000	2	0
504	4035	4089	164.0321710	4.500000	2	0
505	4035	4088	594.3319710	4.500000	2	0
506	4035	4087	394.4820710	4.500000	2	0
507	4035	4086	342.0903110	4.500000	2	0
508	4036	4039	44.4434120	4.500000	2	0
509	4036	4039	94.4434120	4.500000	2	0
510	4036	4040	99.0417080	4.500000	2	0
511	4036	4044	142.0001160	4.500000	2	0
512	4036	4047	202.4094800	4.500000	2	0
513	4036	4034	244.3652830	4.500000	2	0
514	4036	4035	282.1910040	4.500000	2	0
515	4036	4086	324.5743170	4.500000	2	0
516	4036	4087	353.5640610	4.500000	2	0
517	4037	4086	0.0	4.500000	2	0
518	4037	4085	65.0147110	4.500000	2	0
519	4037	4088	136.5239130	4.500000	2	0
520	4037	4034	183.4928240	4.500000	2	0
521	4037	4038	275.3703290	4.500000	2	0
522	4038	4034	0.0	4.500000	2	0
523	4038	4087	51.3332470	4.500000	2	0
524	4038	4086	65.4149070	4.500000	2	0
525	4038	4085	91.4733370	4.500000	2	0
526	4038	4084	111.5643990	4.500000	2	0
527	4038	4039	136.0214640	4.500000	2	0
528	4038	4092	178.3514600	4.500000	2	0
529	4038	4032	284.4250950	4.500000	2	0
530	4039	4085	0.0	4.500000	2	0
531	4039	4084	54.3811826	4.500000	2	0
532	4039	4090	115.3789494	4.500000	2	0
533	4039	4032	219.5088973	4.500000	2	0
534	4039	4088	247.0419430	4.500000	2	0
535	4090	4084	0.0	4.500000	2	0
537	4090	4012	221.2352760	4.500000	2	0
538	4090	4089	282.4409344	4.500000	2	0
539	4092	4010	44.0136700	4.500000	2	0
540	4092	4032	106.2113130	4.500000	2	0
541	4092	4088	139.1749630	4.500000	2	0
542	4092	4089	208.2921946	4.500000	2	0
543	4092	4012	320.2358970	4.500000	2	0
544	4092	4110	338.1403180	4.500000	2	0
545	4099	4008	23.5636030	4.500000	2	0
546	4099	4033	194.5914360	4.500000	2	0
547	4099	4033	279.3408020	4.500000	2	0
548	4099	4039	312.2511480	4.500000	2	0
549	4102	4008	36.4303390	4.500000	2	0
550	4102	4006	99.3350420	4.500000	2	0

Tabla 8.20

NUMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
531	4102	4104	182.2317310	4.500000	2	0
532	4104	4102	3.1175000	4.500000	2	0
533	4104	4008	27.3721370	4.500000	2	0
534	4104	4008	11.1121370	4.500000	2	0
535	4104	4008	11.1593670	4.500000	2	0
536	4104	4003	126.0787100	4.500000	2	0
537	4104	4003	16.3287290	4.500000	2	0
538	4104	4004	142.4216630	4.500000	2	0
539	4104	4004	226.2803020	4.500000	2	0
540	4104	4002	287.5854980	4.500000	2	0
541	4104	4012	0.0	4.500000	2	0
542	4108	4010	92.3421870	4.500000	2	0
543	4108	4011	113.3349620	4.500000	2	0
544	4108	4007	182.3145660	4.500000	2	0
545	4108	4039	287.5640460	4.500000	2	0
546	4110	4013	0.0	4.500000	2	0
547	4110	4119	26.3607400	4.500000	2	0
548	4110	4011	70.4659590	4.500000	2	0
549	4110	4010	115.2926720	4.500000	2	0
550	4110	4692	174.0143320	4.500000	2	0
551	4110	4012	233.2404780	4.500000	2	0
552	4110	4015	315.3831530	4.500000	2	0
553	4116	4003	87.4743690	4.500000	2	0
554	4116	4001	122.2409020	4.500000	2	0
555	4116	4004	181.3540820	4.500000	2	0
556	4116	4017	258.4525220	4.500000	2	0
557	4118	4016	0.0	4.500000	2	0
558	4118	4131	67.611870	4.500000	2	0
559	4118	4017	157.411010	4.500000	2	0
560	4118	4004	210.4410660	4.500000	2	0
561	4118	4015	217.0449680	4.500000	2	0
562	4119	4013	0.0	4.500000	2	0
563	4119	4120	33.3539870	4.500000	2	0
564	4119	4122	98.1416130	4.500000	2	0
565	4119	4016	171.3559620	4.500000	2	0
566	4119	4005	231.5001500	4.500000	2	0
567	4119	4011	282.2418200	4.500000	2	0
568	4119	4011	42689.0050303	109.747220	3	1
569	4119	4110	337.4304690	4.500000	2	0
570	4120	4119	0.0	4.500000	2	0
571	4120	4011	38.1108290	4.500000	2	0
572	4120	4013	75.0922510	4.500000	2	0
573	4120	4012	109.1114408	4.500000	2	0
574	4120	4015	160.4356626	4.500000	2	0
575	4120	4123	244.1045098	4.500000	2	0
576	4120	4018	290.0550210	4.500000	2	0
577	4120	4122	302.4445430	4.500000	2	0
578	4120	4016	342.5020320	4.500000	2	0
579	4122	4119	0.0	4.500000	2	0
580	4122	4120	38.0552360	4.500000	2	0

Tabla 8.20

ORDEN DE HERRA	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE FLUJO	CLAVE DE OBSERVACION
601	+122	4123	118.4503110	4.500000	2	0
602	+122	4018	204.0322920	4.500000	2	0
603	+122	4130	259.4822920	4.500000	2	0
604	+122	4016	319.3302820	4.500000	2	0
605	+123	4126	0.0	4.500000	2	0
606	+123	4125	17.2906943	4.500000	2	0
507	+123	4018	67.3051890	4.500000	2	0
608	+123	4122	100.1837690	4.500000	2	0
609	+123	4120	161.0529842	4.500000	2	0
610	+123	4015	202.4407893	4.500000	2	0
611	+123	4124	279.0533716	4.500000	2	0
612	+124	4126	0.0	4.500000	2	0
613	+124	4123	9.9112431	4.500000	2	0
514	+124	4125	70.4555880	4.500000	2	0
615	+124	4123	118.4223799	4.500000	2	0
616	+124	4128	0.0	4.500000	2	0
617	+124	4129	41.4210220	4.500000	2	0
618	+124	4018	84.2458690	4.500000	2	0
619	+124	4123	152.5435567	4.500000	2	0
620	+124	4124	204.1956432	4.500000	2	0
621	+124	4126	279.5157914	4.500000	2	0
622	+126	4127	0.0	4.500000	2	0
623	+126	4022	17.2208540	4.500000	2	0
624	+126	4128	44.0848270	4.500000	2	0
625	+126	4018	87.4743280	4.500003	2	0
626	+126	4125	97.3355295	4.500000	2	0
627	+126	4123	133.0129251	4.500000	2	0
528	+126	4124	163.2442640	4.500000	2	0
629	+127	4022	0.0	4.500000	2	0
630	+127	4128	70.5008370	4.500000	2	0
631	+127	4126	148.3947170	4.500000	2	0
632	+128	4022	0.0	4.500000	2	0
633	+128	4129	81.5933880	4.500000	2	0
634	+128	4018	124.2412910	4.500000	2	0
635	+128	4125	185.0337520	4.500000	2	0
636	+128	4126	231.3630840	4.500000	2	0
637	+128	4127	289.4205410	4.500000	2	0
638	+129	4018	0.0	4.500000	2	0
639	+129	4125	61.0623300	4.500000	2	0
640	+129	4126	139.2051840	4.500000	2	0
641	+129	4026	194.4251640	4.500000	2	0
642	+129	4128	234.4753720	4.500000	2	0
643	+131	4131	282.2826100	4.500000	2	0
644	+130	4130	334.2649260	4.500000	2	0
645	+130	4016	0.0	4.500000	2	0
646	+130	4122	82.1432790	4.500000	2	0
647	+130	4018	143.5227990	4.500000	2	0
648	+130	4129	190.2942640	4.500000	2	0
649	+130	4019	226.4230370	4.500000	2	0
650	+130	4131	277.3717690	4.500000	2	0

Tabla 8.20

NÚMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE ALUMNE		CLAVE DE OBSERVACION
					1	2	
601	4131	4016	0.0	4.500000	2	3	0
602	4131	4016	36103.6203208	153.417780	3	1	1
603	4131	4130	60.511870	4.500000	2	2	0
604	4131	4129	121.4523060	4.500000	2	2	0
605	4131	4119	165.2826940	4.500000	2	2	0
606	4131	4132	213.0319220	4.500000	2	2	0
607	4131	4017	250.3724650	4.500000	2	2	0
608	4131	4118	311.1117690	4.500000	2	2	0
609	4132	4019	0.0	4.500000	2	2	0
610	4132	4021	46.1701940	4.500000	2	2	0
611	4132	4020	92.3712950	4.500000	2	2	0
612	4132	4017	176.3224320	4.500000	2	2	0
613	4132	4131	270.3316990	4.500000	2	2	0
614	4136	4021	59.2641170	4.500000	2	2	0
615	4136	4024	119.2651190	4.500000	2	2	0
616	4136	4137	170.5821390	4.500000	2	2	0
617	4136	4027	322.3948060	4.500000	2	2	0
618	4137	4024	11.1490330	4.500000	2	2	0
619	4137	4139	65.0617460	4.500000	2	2	0
620	4137	4138	130.1449140	4.500000	2	2	0
621	4137	4136	317.0116390	4.500000	2	2	0
622	4138	4140	33.1200170	4.500000	2	2	0
623	4138	4137	324.2045130	4.500000	2	2	0
624	4138	4139	359.4613180	4.500000	2	2	0
625	4138	4024	354.5816470	4.500000	2	2	0
626	4139	4024	18.3343330	4.500000	2	2	0
627	4139	4140	121.1422460	4.500000	2	2	0
628	4139	4138	187.4148320	4.500000	2	2	0
629	4139	4137	277.0350690	4.500000	2	2	0
630	4139	4136	331.5032370	4.500000	2	2	0
631	4140	4024	6.2004440	4.500000	2	2	0
632	4140	4025	62.0434050	4.500000	2	2	0
633	4140	4138	252.2438350	4.500000	2	2	0
634	4140	4139	322.5126490	4.500000	2	2	0
635	4141	4034	68.2535377	4.500000	2	2	0
636	4141	4035	227.3406640	4.500000	2	2	0
637	4142	4035	172.2123632	4.500000	2	2	0
638	4142	4141	142.1237465	4.500000	2	2	0
639	4142	4037	192.4832165	4.500000	2	2	0
640	4142	4038	306.248421	4.500000	2	2	0
641	4142	4039	319.5306605	4.500000	2	2	0

Tabla 8.20

VERTICE	ORDENADA	LONGITUD	LATITUD	LONGITUD	LATITUD	DESPL.	GEORENAS
NÚMERO	TEMPER	3 4 5	G M S	SEG. METROS	SEG. METROS	METROS	COMPENSADAS
1	4033	-7 22 10.3073	37 11 15.2492	-0.0131	0.324	0.0472	37 11 15.2764
2	4034	-7 51 48.4022	36 56 33.2083	-0.0255	0.0135	0.0172	36 56 33.2599
3	4035	-4 52 10.5959	41 53 30.2298	-0.0091	0.220	-1.047	41 53 30.2298
4	4036	-7 55 54.8605	37 6 8.7725	-0.0041	-0.101	0.0489	37 6 8.7725
5	4037	-6 14 26.7342	41 21 32.0445	-0.0266	-0.619	-0.756	41 21 32.0445
6	4038	-6 18 12.9608	41 21 32.0445	-0.0270	-0.624	-0.756	41 21 32.0445
7	4039	-6 33 43.7746	41 31 56.4950	-0.0235	-0.553	-0.0278	41 31 56.4950
8	4040	-6 33 43.7746	41 31 56.4950	-0.0235	-0.553	-0.0278	41 31 56.4950
9	4041	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
10	4042	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
11	4043	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
12	4044	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
13	4045	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
14	4046	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
15	4047	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
16	4048	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
17	4049	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
18	4050	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
19	4051	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
20	4052	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
21	4053	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
22	4054	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
23	4055	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
24	4056	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
25	4057	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
26	4058	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
27	4059	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
28	4060	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
29	4061	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
30	4062	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
31	4063	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
32	4064	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
33	4065	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
34	4066	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
35	4067	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
36	4068	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
37	4069	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
38	4070	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
39	4071	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
40	4072	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
41	4073	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
42	4074	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
43	4075	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
44	4076	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
45	4077	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
46	4078	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
47	4079	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
48	4080	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
49	4081	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660
50	4082	-3 31 32.5124	37 17 5.3660	-0.0139	0.304	0.0465	37 17 5.3660

Tabla 8.21

VERTICE		COORDENADAS APROXIMADAS			CORRECCIONES			COORDENADAS COMPENSADAS		
NUMERO	NOMBRE	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	LONGITUD SEG. METROS	LATITUD SEG. METROS	DESPLAZAM. METROS	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	DESPLAZAM. METROS	
51	4044	7 25 46.3709	40 32 5.8009	-0.0113	-0.266	-0.0136	-0.420	7 25 26.2822	40 32 5.7373	0.567
52	4045	7 47 47.8653	40 38 31.6535	-0.0074	-0.226	-0.0137	-0.420	7 47 47.8653	40 38 31.6535	0.532
53	4046	7 13 46.5711	40 41 9.4432	-0.0132	-0.266	-0.0109	-0.338	7 13 46.5343	40 41 9.3550	0.532
54	4047	7 21 12.0121	40 36 49.4522	-0.0055	-0.169	-0.0148	-0.343	7 21 12.0195	40 36 49.8274	0.482
55	4048	7 21 12.0121	40 36 49.4522	-0.0055	-0.169	-0.0148	-0.343	7 21 12.0195	40 36 49.8274	0.482
56	4049	7 15 15.9932	40 33 17.1317	-0.0012	-0.376	-0.0113	-0.350	7 16 16.2350	40 33 13.4326	0.432
57	4050	7 15 15.9932	40 33 17.1317	-0.0012	-0.376	-0.0113	-0.350	7 16 16.2350	40 33 13.4326	0.432
58	4051	7 32 5.2238	40 32 52.6081	-0.0010	-0.236	-0.0140	-0.431	7 32 25.6327	40 32 54.5941	0.432
59	4052	7 32 5.2238	40 32 52.6081	-0.0010	-0.236	-0.0140	-0.431	7 32 25.6327	40 32 54.5941	0.432
60	4053	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
61	4054	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
62	4055	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
63	4056	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
64	4057	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
65	4058	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
66	4059	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
67	4060	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
68	4061	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
69	4062	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
70	4063	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
71	4064	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
72	4065	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
73	4066	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
74	4067	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
75	4068	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
76	4069	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
77	4070	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
78	4071	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
79	4072	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
80	4073	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
81	4074	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
82	4075	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
83	4076	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
84	4077	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
85	4078	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
86	4079	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
87	4080	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
88	4081	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
89	4082	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
90	4083	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
91	4084	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
92	4085	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
93	4086	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
94	4087	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
95	4088	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
96	4089	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
97	4090	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
98	4091	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
99	4092	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268
100	4093	7 36 42.0992	40 19 23.2777	-0.0031	-0.331	-0.0387	-0.268	7 36 42.0992	40 19 23.2777	0.268

Tabla 8.21

RESEULTADOS DE LA CORRECCION * NCJA *									
VERTICE		COORDENADAS APROXIMADAS		CORRECCIONES		COORDENADAS COMPENSADAS			
NÚMERO	NOMBRE	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	LONGITUD SEG. METROS	LATITUD SEG. METROS	DESPLZ METROS	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	
101	4092	- 7 37 43.9168	39 34 35.7360	-0.0085	-0.304	0.0030	0.0060	0.312	39 34 35.7380
102	4013	- 7 19 27.2491	39 30 28.1111	-0.0133	-0.279	0.0040	0.0040	0.437	39 30 28.1481
103	4012	- 7 16 21.5384	39 18 55.5904	-0.0135	-0.323	0.0113	0.314	0.245	39 18 55.6578
104	4089	- 7 21 44.8020	39 48 15.1372	-0.0112	-0.268	-0.0019	0.0065	0.200	39 48 15.0969
105	4090	- 7 22 19.6093	39 44 16.5246	-0.0134	-0.438	-0.0310	-0.030	0.274	39 44 16.5536
107	4084	- 7 6 47.3178	40 2 12.9725	-0.0167	-0.396	-0.0060	-0.184	0.437	40 2 12.9665

Tabla 8.21

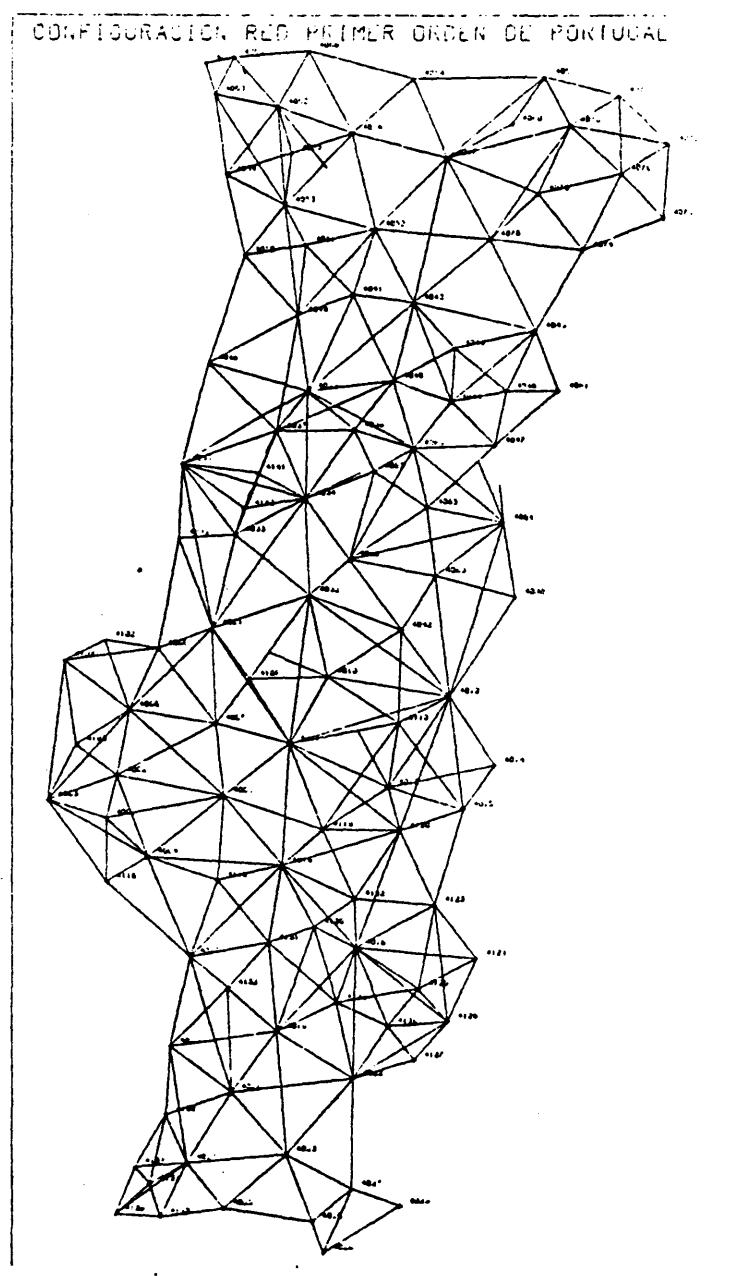


Gráfico 8.1

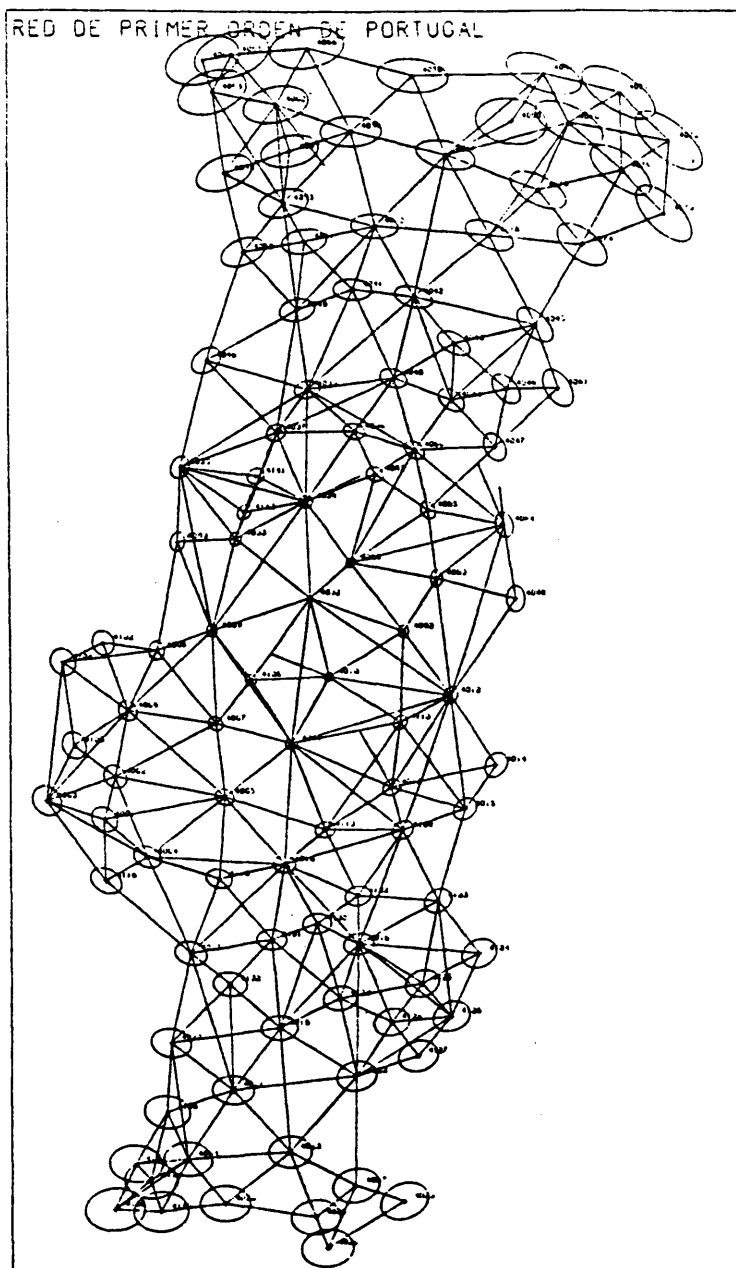


Gráfico 8.2

CONFIGURACION RED PRIMER ORDEN DE PORTUGAL

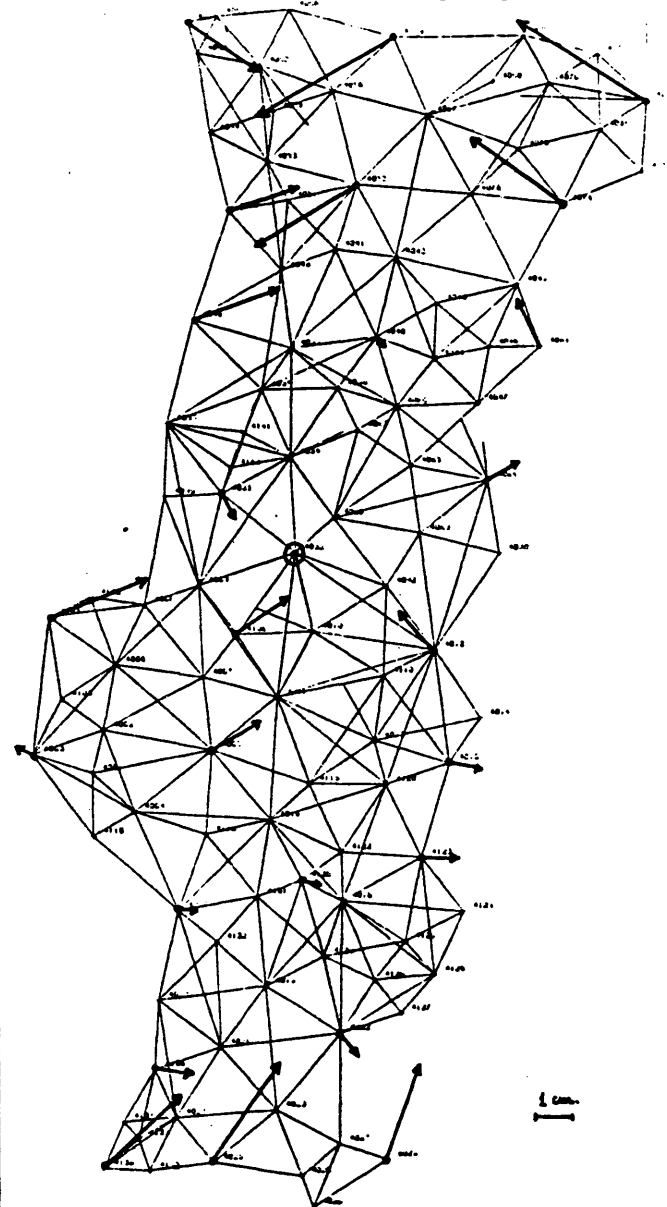


Gráfico 8.3

CONFIGURACION RED PRIMER ORDEN DE PORTUGAL

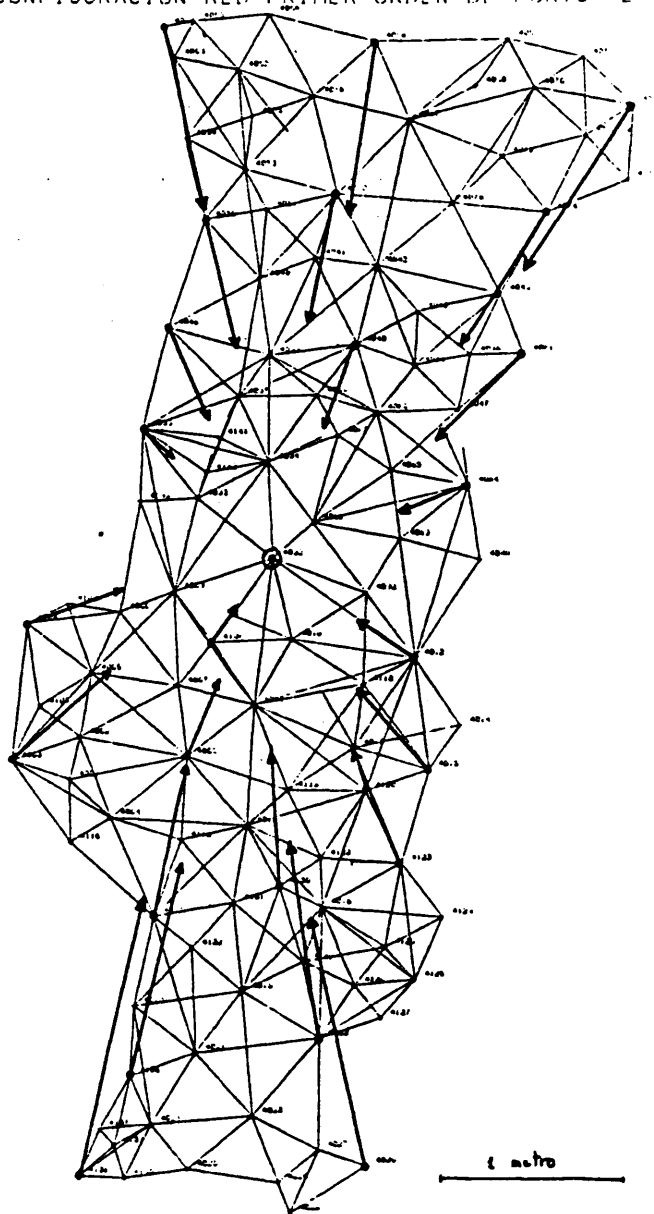


Gráfico 8.4

CAPITULO 9

PROYECTO DE DETERMINACION DE GEOIDE PARA ESPAÑA.

Actualmente el I.G.N. está realizando la observación de la red geodésica de primer orden, a base de trilateración con microondas exclusivamente, lo que presenta grandes ventajas en cuanto a costo económico, de tiempo y de personal, respecto a la clásica triangulación. Las precisiones, aunque inferiores a las de triangulación, pueden ser aceptables siempre que sea correcta las correcciones tipo meteorológicas y la reducción al elipsoide de referencia tenga las garantías suficientes. Este hecho hace imprescindible la determinación del geoide con un error de escala inferior a 1 metro y errores relativos entre vértices de primer orden en la determinación del geoide inferiores a 0.30 metros.

En este trabajo se han hecho operativos en ordenador distintos métodos para la interpolación de las componentes de la desviación de la vertical y la determinación del geoide astrogeodésico, probándose en la zona test de Portugal, con una extensión de aproximadamente, la cuarta parte de España y con menos zonas montañosas. En estas condiciones el I.G.C. de Portugal se planteó en el año 1976 la observación sistemática en vértices de la red de primer orden o en la de segundo o tercer orden, cuando la observación no era posible en los de primero, de las componentes de la desviación de la vertical en 128 puntos de estas redes, lo que da una densidad de un punto por cada 25-30 kms, según las prescripciones de la Asociación Internacional de Geodesia en estos temas. Ahora bien, la situación geodésica de España respecto a Portugal es totalmente distinta, puesto que tienen sus redes de primero, segundo y tercer orden perfectamente señali-

zadas y observadas, la red de nivelación de alta precisión también acabada y operativa. En nuestro país se pasó de tener una geodesia de gran calidad hasta 1935, a una situación lamentable que perdura hasta nuestros días, y que se tardará tiempo en salir de ella. Tan-
tos años de abandono condujo a la pérdida de la red en porcentajes de un 80%, y a que a principios de los años 70 se elaborara un plan para la reobservación y construcción de las redes planimétricas, así como de la red de nivelación de alta precisión. En estos quince años de trabajos geodésicos con pocos medios económicos en un principio, se ha ido desarrollando esta inmensa labor, que se puede traducir en números en: Construcción y observación de 12000 señales de tercer orden, observación de unos 2000 vértices de segundo orden, y más de quinientos de primer orden. En estos momentos nos encontramos en la mitad del proyecto, esperando su terminación para el año 1992, a pesar de graves problemas de tipo administrativo, puesto que la geodesia es una ciencia desconocida en los ámbitos administrativos del Estado Español.

En cuanto a estudios de geoide realizados en España, el autor de esta memoria presentó en la V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica celebrada en Madrid en 1983, el estado actual de los trabajos en nuestro país en este tema.

En España se han observado unas 50 estaciones astronómicas de primer y segundo orden, lo que ofrece una densidad de 1 punto por cada 100 kilómetros, con el agravante de que no están uniformemente distribuidas, habiendo zonas totalmente desprovistas de esta información. En cuanto a geoide gravimétrico y astrogravimétrico el tema es más grave, puesto que no se ha hecho apenas nada, si bien en el IAG de la Facultad de Ciencias Matemáticas se ha creado recientemente un grupo de trabajo para estudiar estos temas.

Pensemos, que para tener una densidad de puntos con desviación de la vertical similar a la de Portugal, y cumplir así los requisitos técnicos exigidos por la Asociación Internacional de Geodesia, serían necesarios al menos en España unos 600 puntos dato en desviación de la vertical, lo que indica claramente que la cifra de 50 es totalmente ridícula para los fines que se persiguen. Ahora bien, como contrapartida a esta precaria situación, en España se ha observado una red de control a satélites TRANSIT con técnicas doppler, por los métodos de traslocación y punto aislado, y reducidas las observaciones con efemérides precisas. Diversos estudios realizados por el autor han demostrado que la precisión en la determinación de las coordenadas de estos puntos, respecto a un sistema casi-geocéntrico (NWL-9D), es del orden de 1 metro, lo que nos indica que se puede hacer un control del geoide astrogeodésico a base de introducir observaciones de diferencia de ondulación de geoide, determinadas a partir de la red de orden cero (Alfonso Núñez-García del Pozo, 1983 a,b). En estos trabajos se han determinado los parámetros locales de transformación óptimos para la red de España por el método de Badekas-Molodenskii, y por tanto las alturas geoidales pueden transformarse del DATUM de satélites al DATUM geodésico local vigente en España. Esta red de control tiene en la actualidad 15 puntos pertenecientes a la red de primer orden, que son suficientes para el control del geoide y que con una buena distribución y número de puntos dato en desviación de la vertical, permitirían obtener un geoide con las garantías de

precisión que se exigen en la actualidad a este tipo de trabajos.

Por otra parte, la observación de 600 puntos astronómicos de segundo orden, parece en la actualidad un trabajo inabordable para el I.G.N., dedicado plenamente en su parte geodésica a la observación de la red de primer orden y de orden inferior. Es por tanto necesario, vista la necesidad urgente del conocimiento preciso de las cotas geoide-elipsoide en nuestro país, el realizar un proyecto coherente con los medios disponibles, de determinaciones astronómicas de segundo orden, aún cuando el espaciamiento medio entre las estaciones no sea inferior a 50 kilómetros, pero que en breve plazo dé una solución al gravísimo problema actual.

Se ha hecho un estudio local de la precisión que pueden dar distintas configuraciones en la determinación del geoide por el método de Helmert con técnicas de simulación, dependiendo del espaciamiento de las estaciones, tipo de terreno, en donde se realice la aproximación lineal de Helmert, que depende evidentemente de la variación de la desviación de la vertical, mucho más fuerte en zonas montañosas. Desgraciadamente, aunque la precisión es un parámetro fundamental en cualquier trabajo geodésico, no es el único, existiendo otros factores más importantes desde el punto de vista práctico, tales como costos, personal, plazos de tiempo, etc. Es desde este prisma con el que se ha hecho el enfoque de este proyecto, pensando sobre todo en dar una respuesta al problema con los medios disponibles, en plazos de tiempo no demasiado largos.

La observación astronómica de segundo orden para la determinación latitud y longitud, bien por los métodos de Sterneck y Mayer, o por alturas iguales, necesita de varios requisitos de orden práctico: Las estaciones donde se realice la observación han de ser preferiblemente vértices de primer orden, para evitar futuras interpolaciones. Esto, en muchas ocasiones no es posible por condicionantes de tipo morfológico, o bien por la propia construcción del vértice. Han de ser puntos accesibles para vehículos todo terreno, lo que para un país montañoso como España es un serio inconveniente, puesto que alrededor de un 40% de los vértices de nuestra red de primer orden no son accesibles, habiendo zonas en que encontrar puntos de cualquier orden para hacer observación astronómica puede ser un grave problema. Los puntos astronómicos han de estar distribuidos homogéneamente con el fin de que no queden zonas desprovistas de información en desviación de la vertical y la configuración de la red astrogeodésica sea buena. Las épocas de observación han de seleccionarse con cuidado en función de las zonas de trabajo y de sus peculiaridades climatológicas. Estas breves consideraciones hacen que la operación desde un punto de vista logístico sea complicada, teniendo que tener en cuenta factores importantes como, costos, plazos de tiempo, personal técnico, precisión, etc. A continuación se va a hacer una exposición breve pero concisa de la importancia geodésica de la determinación del geóide.

En España la red geodésica de primer orden se ha observado y seguirá observándose con métodos tradicionales, esto es, a base de triangulación y trilateración, realizándose el control

en escala y acimut con medidas de lados con laser y acimutes astronómicos y con observaciones espaciales. Por tanto se tienen los siguientes tipos de observaciones.

a.- Direcciones acimutales. Las observaciones angulares de dirección han de ser transformadas al sistema geodésico de referencia, puesto que el teodolito se nivela respecto de la línea de la plomada que pasa por el lugar de observación. Esta corrección para lados de primer orden, cuya distancia cenital es próxima a 90º, puesto que, la posible diferencia en altitud respecto a la distancia es una cantidad pequeña, suele despreciarse en los cálculos de triangulaciones, pues no suele sobrepasar la décima de segundo, cantidad menor que el propio error de la observación angular. No obstante, en grandes triangulaciones la no corrección de las observaciones angulares por desviación de la vertical puede introducir sistematismos de cierta importancia, que se pueden traducir en el orden de decímetros en las coordenadas compensadas de la red. En este trabajo hemos hecho el estudio de su influencia en la red de Portugal, llegándose a variaciones del orden de los 5-8 cms en los extremos de la red de triangulación. Ahora bien, Portugal es un país poco extenso y relativamente llano, por supuesto mucho más que España. Digamos a título de ejemplo, que en zonas montañosas, donde la desviación de la vertical puede tomar valores del orden de los 20", para una visual de cenital de 89º la corrección es

$$\Delta \alpha = \theta \operatorname{ctg} Z = 0''35$$

siendo δ la corrección a la observación angular y Z la distancia cenital. Teniendo en cuenta que δ es del orden de la precisión que se obtiene en la determinación de los ángulos en una vuelta de horizonte (estimada entre 0"3 y 0"6 según el método de observación), es obvio de la necesidad geodésica de introducir la desviación de la vertical en cálculos de grandes triangulaciones.

b.- Observaciones de distancia. En cuanto a las observaciones de distancia, fundamentales en la actualidad, ya que gran parte de la red de primer orden se ha observado y se observará a base de trilateración exclusivamente, el conocimiento de la ondulación del geoide, para una correcta reducción de las distancias observadas en la superficie de la tierra a la superficie de referencia geodésica es fundamental, y más importante que en el caso anterior. La precisión de los aparatos de medida de distancias se puede estimar en 1-2 partes por millón para los que utilizan laser como onda portadora y de 2-4 partes por millón para los que utilizan ondas electromagnéticas, dependiendo de la bondad de los datos meteorológicos. Consideremos una distancia media de primer orden de 40.000 metros y un valor medio de la ondulación del geoide para España en DATUM RE-50 de -30 metros. La no consideración de la ondulación del geoide se traduce en un error δs , dado por (C.L. Merry, P. Vanicek, 1973)

$$\delta s = (-\delta_N / R) s = 0.20 \text{ metros}$$

siendo δ_N el error en la ondulación del geoide y R el valor medio del radio terrestre para la zona. El error introducido

es de 5 partes por millón, que para una red geodésica de 1000 kilómetros de extensión produciría distorsiones de 5 metros.

Supongamos que el error introducido en la ondulación del geoide es de 2 metros, entonces,

$$\delta s = (- \delta_N / R) s = - 0.02 \text{ metros}$$

esto es, 0.5 partes por millón, cantidad tampoco despreciable para grandes redes.

Por tanto, la determinación del geoide con ciertas garantías es imprescindible para una correcta reducción de las distancias observadas sobre la superficie terrestre al elipsoide de referencia. Un estudio de errores sistemáticos debidos a la no consideración de la distancia geoide-elipsoide en la reducción de las observaciones se puede encontrar en P. Meissl, 1973.

c.- Observaciones de acimut astronómico. En cuanto a las observaciones de acimut astronómico el conocimiento de la componente θ de la desviación de la vertical es imprescindible para efectuar la corrección de Laplace, que pasa del sistema astronómico local al sistema geodésico. Por tanto los puntos donde se han observado acimutes astronómicos han de ser necesariamente puntos dato en desviación de la vertical.

d.- Observaciones espaciales. Según se ha repetido en numerosas ocasiones a lo largo de esta memoria, el producto final de una observación a satélites por técnicas doppler son las coordenadas en un sistema tridimensional (X,Y,Z), o las correspondientes geodésicas (φ, λ, h), respecto de un sistema geocéntrico de referencia. Conocida la cota ortométrica del punto en cuestión H,

la ondulación del geoide respecto del DATUM de satélites es $N_D = h - H$, y por tanto se tienen ondulaciones del geoide directamente. Para la utilización de las observaciones espaciales en redes clásicas, como control de estas, es necesario conocer la ondulación del geoide respecto al DATUM geodésico N_G , con el fin de poder establecer una comparación homogénea entre las coordenadas referidas a ambos sistemas de referencia.

En un futuro inmediato la entrada en funcionamiento de técnicas de interferometría con observación a satélites, como control de redes geodésicas, tanto planimétricas como altimétricas, con precisiones sobre bases de hasta 100 kilómetros de orden centimétrico y quizás menores, va a suponer que el conocimiento de la superficie del geoide sea fundamental para la aplicación correcta y coherente de estos métodos en la mejora de las redes geodésicas clásicas.

Además de las necesidades de carácter geodésico aquí expuestas, y que deberían ser más que suficientes para tomarse el tema en serio, España es miembro de las comisiones de la Asociación Internacional de Geodesia RETrig, REUN y Determinación del Geoide en Europa, cuyo representante es el autor de esta memoria, que siente gran preocupación por la situación actual, no en cuanto a nivel teórico, puesto que en estos últimos años se han desarrollado en España una infraestructura de software y desarrollo científico de problemas geodésicos, que nos colocan a la altura de otros países europeos de reconocido prestigio geodésico. Pero a nivel práctico la situación es totalmente distinta, y esta es una ciencia que sin observa-

ciones poco o nada puede hacerse.

Evidenciada la necesidad de tener un geoide en España equiparable al de otros países europeos que nos rodean, en un plazo de tiempo razonable, y no perder definitivamente y por muchos años el nivel de la geodesia práctica en Europa en temas de la trascendencia de este para la infraestructura de un país integrado en la Comunidad Económica Europea.

En cuanto a la precisión en la determinación del geoide astrogeodésico depende exclusivamente del espaciamiento de las estaciones astronómicas y las características del terreno, puesto que los posibles errores en la determinación por observación de las coordenadas astronómicas no han de ser superiores a 1", siempre que se observen por personal adecuado y una instrumentación moderna y perfectamente contrastada, y los errores en las coordenadas geodésicas son despreciables para estos fines en cualquier red moderna.

El espaciamiento es por tanto el parámetro fundamental en cuanto a la determinación de un geoide astrogeodésico, dependiendo en gran medida de las zonas de ubicación de los puntos datos astronómicos, puesto que la variación de la desviación de la vertical es mucho más fuerte en zonas montañosas que en zonas llanas, y por tanto se introduce un error mayor en la aproximación lineal de Helmert.

España es un país muy montañoso y se requeriría gran cantidad de estaciones astronómicas para una determinación rigurosa del geoide.

Las expresiones (3.2.5) y (3.2.7) dan los errores introducidos en la determinación del geoide por los propios errores en las coordenadas astronómicas y por la interpolación.

$$s_{\Delta N} = s (\cos^2 \varphi s_{\lambda}^2 + s_{\varphi}^2)^{1/2} / 2 \sqrt{2}$$

$$E_I < s \delta \theta \text{ sen } 1'' / 6$$

pudiéndose calcular $\delta \theta$ por la expresión (3.2.9)

$$\delta \theta = (\theta_{i-1} + \theta_{i+1})/2 - \theta_i$$

Así por ejemplo, para $s = 50$ kms y una variación de la desviación de la vertical $\delta \theta = 3''$, con $s_{\varphi} = s_{\lambda} = 1''$ en una latitud de 40° , se tiene

$$s_{\Delta N} = 0.11 \text{ metros}$$

$$E_I < 0.12 \text{ metros.}$$

Lo que nos indica que en zonas en donde la variación de la desviación de la vertical no es fuerte (zonas llanas) el error debido a las coordenadas astronómicas y el de interpolación son del mismo orden. Supongamos una zona montañosa donde la variación de la desviación de la vertical es $10''$, entonces para los mismos datos anteriores se tiene

$$s_{\Delta N} = 0.11 \text{ metros}$$

$$E_I < 0.40 \text{ metros.}$$

pudiéndose apreciar la influencia del terreno en el error de interpolación E_I .

Con el fin de estudiar la precisión local en la determinación de un geoide astrogeodésico, se ha considerado una red ideal de puntos dato en desviación de la vertical con tres hipótesis distintas, en cuanto a separación de las estaciones, 40, 50 y 60 kms, de acuerdo con lo que puede ser a corto plazo el diseño de una red astrogeodésica para España. Se han hecho también tres hipótesis en cuanto a precisión en la determinación del geoide, $s_N = 1$ metro/ 50 kms, 1 metro/ 100 kms y 1 metro/150 kms. Se han empleado técnicas de simulación en cuanto a determinar la precisión, en función de los parámetros anteriores, de la determinación de la ondulación del geoide en los puntos de la red.

Recordando el capítulo 4.6 en donde se discutían las técnicas de simulación, la matriz de diseño o configuración de la red astrogeodésica A , queda definida por la situación de los puntos dato en desviación de la vertical y por las pseudo-observaciones o enlaces entre dichos puntos (figura 9.1), la matriz de pesos P queda definida por las precisiones que se suponen a priori s_N , y por tanto la matriz normal $N = (A^T P A)$ es perfectamente conocida. La matriz cofactor que coincide con la matriz de varianzas-covarianzas de la estimación de la ondulación del geoide, cuando la varianza estimada del ajuste es la unidad, esto es, cuando la matriz de pesos P es consistente con la realidad, viene dada por

$$C_{xx} = (A^T P A)^{-1} \quad \text{para una red con puntos fijos}$$

$$C_{xx} = (A^T P A)^+ \quad \text{para una red libre,}$$

puendiéndose por tanto determinar C_{xx} en función de las hipótesis enunciadas anteriormente, configuración de la red y precisión a priori.

Se han considerado para este estudio dos hipótesis distintas, red libre, es decir, sin puntos fijos, en donde el punto libre de error es el baricentro de la figura, y la hipótesis, en la que el punto 1 de la red tiene la ondulación del geoide conocida. El programa de cálculo automático utilizado para la simulación es PROGEO descrito en el capítulo 10, apartado 2, y las salidas de ordenador resultantes del cálculo en el apéndice correspondiente (resultados del cálculo Proyecto del Geoide para España). Los resultados pueden sumarse en el caso en que $s_N = 1$ metro en 150 kms de línea de nivelación astrogeodésica, puesto que los otros dos casos, $s_N = 1$ metro/ 50 kms y $s_N = 1$ metro/100 kms, se deducen inmediatamente del anterior, multiplicando las desviaciones típicas del ajuste para los puntos de la red, por 2 y 1.5 respectivamente.

Los resultados para las configuraciones de lados 40, 50 y 60 kms se dan en las tablas 9.1 y 9.2 correspondientes al cálculo en hipótesis de red libre y con en punto 1 fijo. La matriz de pesos P es diagonal y sus elementos $p_i = 1/s_i^2$, siendo s_i la distancia entre los puntos que definen la pseudo-observación i -ésima. Esta elección del sistema de pesos se ha hecho en base a los resultados obtenidos en la determinación del geoide para Portugal, descritos en el capítulo 7 de este trabajo.

Nº PUNTO	DISTANCIA		
	40 kms	50 kms	60 kms
1	0.22	0.28	0.34
2	0.17	0.21	0.26
3	0.16	0.20	0.24
4	0.19	0.23	0.28
5	0.17	0.21	0.26
6	0.13	0.16	0.19
7	0.13	0.16	0.19
8	0.16	0.20	0.24
9	0.16	0.20	0.24
10	0.13	0.16	0.19
11	0.13	0.16	0.19
12	0.17	0.21	0.25
13	0.19	0.23	0.28
14	0.16	0.20	0.24
15	0.17	0.21	0.25
16	0.22	0.28	0.33

Tabla 9.1

Nº PUNTO	DISTANCIA		
	40 kms	50 kms	60 kms
1	0.00	0.00	0.00
2	0.21	0.27	0.32
3	0.27	0.34	0.41
4	0.31	0.39	0.47
5	0.21	0.27	0.32
6	0.24	0.30	0.36
7	0.28	0.34	0.34
8	0.31	0.38	0.46
9	0.27	0.34	0.41
10	0.28	0.34	0.41
11	0.30	0.37	0.44
12	0.32	0.41	0.49
13	0.31	0.39	0.47
14	0.31	0.38	0.46
15	0.32	0.41	0.49
16	0.36	0.45	0.54

Tabla 9.2

Estudiadas las precisiones que ofertan distintas configuraciones, se va a definir un proyecto de determinación del geoide en España, de acuerdo a consideraciones de tipo técnico, sino realísticas en cuanto a las posibilidades de orden material, con el fin de que el proyecto pueda realizarse en un plazo no superior a cinco años.

Se ha considerado la red fundamental de primer orden de España y sobre puntos de esta, que evidentemente, en ocasiones habrá que variar, por otros cercanos de segundo o tercer orden, dada la no accesibilidad con vehículos todo terreno de estos vértices. La configuración de la figura puede verse en el gráfico 9.2.

Se han elegido 235 puntos de forma homogénea, algunos de los cuales ya tienen desviación de la vertical (aquellos cuyos números no empiezan por la cifra 8), con el fin de tener una distancia promedio de unos 50 kilómetros. En la tabla 9.3 se dan los nombres, números y coordenadas aproximadas de los puntos seleccionados.

En el gráfico 9.2 aparece la configuración de la red astrogeodésica formada por estos vértices, que se ha intentado optimizar, desde el punto de vista de triángulos bien conformados, es decir, que no tengan ángulos inferiores a 25°.

Para una distancia media de 50 kilómetros se ha supuesto un error a priori de 0,40 metros, en concordancia con los resultados expuestos anteriormente, y la ponderación se ha dado con el criterio,

$$p = (50/d)^2 (0.40)^2$$

siendo d la distancia en kilómetros entre los puntos que definen la observación. Por tanto la desviación típica a priori viene dada por

$$s = 0.40 d/50 \text{ metros} \quad (9.1)$$

que parece realista y concordante con el error de interpolación de la fórmula de Helmert y el propio de las determinaciones astronómicas.

Se han estudiado varias soluciones a base de simulaciones. La primera es una solución donde se han considerado unicamente datos astrogeodésicos, es decir, componentes de la desviación de la vertical. La segunda solución se ha hecho considerando datos doppler, es decir, diferencias de altitud u ondulaciones del geoide provenientes de observaciones de satélites. La tercera solución y que puede ser la más interesante en un futuro cercano, se basa en una red de control observada con GPS, que consta de 28 puntos, unidos por una red de observaciones (diferencias de altitud), deducidas a partir de las observaciones GPS.

Discutiremos a continuación los resultados obtenidos por las tres soluciones.

a.- Proyecto con unicamente datos astrogeodésicos.

La red astrogeodésica se compone de 235 puntos con 639 observaciones entre ellos formando una malla de triángulos disjuntos (gráfico 9.2). Según se ha dicho anteriormente los errores medios a priori están dados por (9.1).

Se ha considerado para la simulación un punto fijo, el vértice Casar con coordenadas $\varphi = 40^{\circ} 41'$, $\lambda = -3^{\circ} 26'$, que está centrado en la Península. Los resultados completos de la simulación pueden encontrarse en el listado correspondiente, en el apartado de salidas de ordenador para el proyecto de geoide para España.

En la tabla 9.4 se dan los errores medios cuadráticos en la determinación del geoide, oscilando entre los 0.20 metros para los puntos centrales y 0.55 metros para los puntos extremos. Estas precisiones locales y globales, están de acuerdo con lo expuesto para tener un geoide digno en España.

los errores medios de las observaciones oscilan entre 0.15 y 0.30 metros, dependiendo evidentemente, del espaciamiento de las estaciones que definen la observación. Estas precisiones locales son suficientes para una correcta reducción de las observaciones efectuadas sobre la superficie terrestre al elipsoide de referencia.

En cuanto a la fiabilidad de la red se puede afirmar que: UN error grosero es detectado a un nivel de probabilidad del 1% y con una potencia del test de Baarda del 80%, entre límites de 1.30 metros y 3.00 metros, en error en la ondulación del geoide, según nos indica el parámetro SB de la salida de ordenador.

La fiabilidad total de la red es 0.37, lo que nos indica que la red astrogeodésica es muy fiable, no habiendo observaciones mal controladas por la geometría de la red, confirmándose por tanto, que el proyecto definido está bien elaborado desde este punto de vista fundamental.

b.- Proyecto de geoide con datos astrogeodésicos y Doppler.

Vamos primero a decir una serie de cuestiones de fundamental importancia respecto del Doppler que se ha hecho en España en estos últimos años. El Instituto Geográfico Nacional y en particular su Servicio de Geodesia, ha estado utilizando para observaciones por técnicas doppler a satélites, receptores de la casa JMR, y software para realizar los cálculos, de la misma casa comercial norteamericana, con más de doce años de antigüedad. Los métodos de obser-

vación utilizados han sido el de punto aislado y traslocación, reduciéndose las observaciones con efemérides precisas en el primer caso, y con efemérides transmitidas por el satélite en el segundo. El software utilizado para el cálculo para ambos métodos de observación está desfasado y además no es de excesiva calidad, en comparación con otros programas elaborados en distintas partes del mundo, y los errores en la determinación de las coordenadas de la estación son del orden de unos 2-3 metros como ha demostrado la repetibilidad de observaciones en los mismos puntos y distintas épocas. Con software apropiado, e instrumentación perfectamente calibrada en frecuencia, se pueden hoy en día alcanzar precisiones inferiores a 0.30-0.50 metros sobre bases de 300-500 kms, válidas para aplicaciones geodésicas en Europa. Dicho en otras palabras, con los resultados obtenidos, la geodesia Doppler que se hace en España no es aplicable para fines geodésicos de control de redes, puesto que se obtiene más precisión con los métodos clásicos a nivel global (de país), que la ofertada por el doppler. Idéntica situación se tiene para determinación del geoide, pues como se ha visto, la determinación clásica es más precisa globalmente que las técnicas de satélites doppler.

Por otra parte, las observaciones Doppler, permiten conocer la altitud h del punto sobre el elipsoide de referencia de satélites. Es necesario por tanto, para determinar la ondulación del geoide, conocer la cota ortométrica H con una precisión global inferior a 0.20 metros. Aquí se suscita otro problema grave, puesto que la red de nivelación en España es incapaz de garantizar estas precisiones globales, puesto que aunque la antigua red de nivelaciones ha sido compensada por REUN con técnicas siempre rigurosas

dentro de la geodesia europea, tiene varias causas que vamos a explicar brevemente. Primero, no existe en España una red de mareógrafos como control de la red de nivelación, pues en la actualidad solamente está en funcionamiento el mareógrafo de Alicante. Segundo, las cotas que se están calculando no son geopotenciales, es decir, no se introduce la gravedad en las líneas de nivelación, con el fin de independizar la nivelación del camino recorrido. Este hecho lamentable puede tener decisiva influencia sobre todo, en terrenos montañosos. Tercero, gran parte de la antigua red de nivelación se ha perdido y las señales que quedan no tienen cotas homogéneas con la nueva red, creándose auténticos problemas en muchas ocasiones, a la hora de decidir cual es la cota de una determinada señal de nivelación.

De lo expuesto anteriormente se puede concluir en que, para que las técnicas doppler sirvan como control de geoide, es necesario precisiones inferiores a 0.50 metros en distancias de 500 kilómetros, y segundo, la red de nivelaciones tiene que garantizar precisiones globales inferiores a 0.20 metros. Digamos finalmente que estas dos exigencias pueden y deben ser cumplidas si los trabajos se hacen coherentemente y de forma científica.

Suponiendo que se dan ambas condiciones, se han hecho simulaciones sobre la misma red astrogeodésica, controlada por una red doppler. Los puntos doppler escogidos están señalados en el gráfico 9.3, y coinciden con la red doppler que se ha observado. Estos puntos, son vértices también de la red de primer orden, y se han efectuado en ellos observaciones con técnicas doppler por punto aislado y reducidas las observaciones con efemérides de precisión.

nº punto	vértice	latitud	longitud
3055	Altos Galapagar	40º 33'	-3º 58'
4164	Lagoa	43º 33'	-8º 14'
4038	San Fernando	36º 28'	-6º 12'
4100	Baños	41º 03'	-2º 50'
4269	Salou	42º 04'	1º 10'
4212	Loma Negra	42º 01'	-1º 22'
4010	San Vicente	42º 01'	-5º 23'
4047	Quintanilla	42º 13'	-3º 52'
4001	Peñas	43º 39'	-5º 51'
4015	Corral	40º 49'	-5º 37'

Las observaciones introducidas en la red astrogeodésica son:
3055-4164, 3055-4100, 3055-4269, 3055-4212, 3055-4010, 3055-4047,
3055-4001, 3055-4015.

Se han supuesto dos hipótesis de ponderación para las observaciones de diferencia de ondulación del geoide doppler. La primera hipótesis supone una precisión de 0.50 metros y la segunda de 0.25 metros.

b.1.- Primera hipótesis.

Se ha supuesto una precisión a priori para las diferencias de ondulación doppler de 0.50 metros, teniéndose las mismas hipótesis de ponderación para las observaciones astrogeodésicas de nivelación. Los errores medios cuadráticos en la determinación del geoide se dan en la tabla 9.5, y están comprendidos entre 0.15 metros y 0.50 metros, que como se puede apreciar no son una mejora sustancial a los resultados del apartado a, cuando el geoide se determinaba a base de nivelación astrogeodésica únicamente. Evidentemente el control con estas precisiones es muy débil.

Los errores medios cuadráticos de las observaciones tienen según el listado que se adjunta , las mismas precisiones que en el apartado a. En cuanto a la fiabilidad tampoco hay mejora, y para un nivel de probabilidad del 1%, con una potencia del 80%, el test de Baarda detecta un error grosero en las observaciones doppler, cuando los errores están comprendidos entre 1.20 y 2.00 metros, que indica que el control no es efectivo.

Ahora bien, existen otras posibilidades para el control con doppler. Aquí hemos supuesto que las observaciones están hechas con punto aislado. Si se hubiesen empleado técnicas de observación multiestación, se tendrían auténticas observaciones entre puntos de la red doppler, esto es, una red a compensar por mínimos cuadrados. Este caso lo vamos a estudiar para un futuro control a base de GPS, que evidentemente ha de ser mucho más efectivo que este, puesto que las precisiones que ofertan los métodos interferométricos de corta base, con observación a la constelación de satélites GPS, son mucho más elevadas que las obtenidas por técnicas doppler.

b.2.- Segunda hipótesis.

En la segunda hipótesis se han supuesto precisiones a priori para las diferencias de ondulación de geoide doppler de 0.25 metros, que evidentemente no son realistas en la actualidad.

La mejora de los resultados tampoco es demasiado grande, por lo que decididamente nos inclinamos a pensar como única solución posible de control para geoides locales (con extensión menor de 1000kilómetros) las técnicas GPS.

En la tabla 9.6 se dan los errores medios cuadráticos en la

determinación del geoide.

c.- Proyecto de geoide con datos astrogeodésicos y GPS.

En este apartado vamos a discutir el control de geoide mediante observación con técnicas de interferometría de corta base a la constelación de satélites GPS.

Experiencias hechas con el GPS y observación con macrómetros V-1000 en Alemania Federal durante los años 1983, 1984 y 1985, en la red de primer orden, han demostrado de forma convincente la capacidad de estos métodos de observación. Con datos, diferencias de coordenadas en un marco tridimensional se procedió a la compensación de la red observada, constituida por 6 vértices y 36 observaciones (Schwintzer, P. Y otros, 1985). Los resultados fueron superiores a lo esperado (Núñez García del Pozo, Alfonso, 1986), puesto que se obtuvieron precisiones del orden de los 4 cms en la determinación de las coordenadas y un resultado de fundamental importancia. Las observaciones efectuadas sobre lados de 30 a 96 kilómetros, no demostraron que su precisión fuese un factor donde la distancia tuviese gran trascendencia, es decir, las precisiones ofertadas por el GPS parecen depender poco de la distancia entre los puntos que definen la observación.

Ante estos resultados se ha proyectado una red GPS para una futura observación de lados medios de 150 kilómetros aproximadamente que sirva de una red de control para la geodesia de España, no unicamente para fines de geoide, sino para la propia triangulación y la red de nivelación de alta precisión.

Por otra parte, la experiencia en Hessen (Alemania) se hizo con los equipos V-1000, que trabajan con una sola frecuencia y so-

determinación del geoide.

c.- Proyecto de geoide con datos astrogeodésicos y GPS.

En este apartado vamos a discutir el control de geoide mediante observación con técnicas de interferometría de corta base a la constelación de satélites GPS.

Experiencias hechas con el GPS y observación con macrómetros V-1000 en Alemania Federal durante los años 1983, 1984 y 1985, en la red de primer orden, han demostrado de forma convincente la capacidad de estos métodos de observación. Con datos, diferencias de coordenadas en un marco tridimensional se procedió a la compensación de la red observada, constituida por 6 vértices y 36 observaciones (Schwintzer, P. Y otros, 1985). Los resultados fueron superiores a lo esperado (Núñez García del Pozo, Alfonso, 1986), puesto que se obtuvieron precisiones del orden de los 4 cms en la determinación de las coordenadas y un resultado de fundamental importancia. Las observaciones efectuadas sobre lados de 30 a 96 kilómetros, no demostraron que su precisión fuese un factor donde la distancia tuviese gran trascendencia, es decir, las precisiones ofertadas por el GPS parecen depender poco de la distancia entre los puntos que definen la observación.

Ante estos resultados se ha proyectado una red GPS para una futura observación de lados medios de 150 kilómetros aproximadamente que sirva de una red de control para la geodesia de España, no únicamente para fines de geoide, sino para la propia triangulación y la red de nivelación de alta precisión.

Por otra parte, la experiencia en Hessen (Alemania) se hizo con los equipos V-1000, que trabajan con una sola frecuencia y so-

bre una constelación de satélites todavía pobre. Con aparatos trabajando con dos frecuencias y con la constelación de 20 satélites completa: se esperan superiores precisiones en la determinación de las coordenadas de los puntos observados.

Se ha seleccionado una red de 29 puntos en España coincidentes con vértices de la red de primer orden, totalmente accesibles y que forman una malla de triángulos bien condicionados, siendo homogéneamente repartidos a lo largo de la red fundamental.

La situación de los puntos seleccionados y la configuración de la red a observar pueden verse en el gráfico 9.4.

Se han supuesto precisiones a priori para las observaciones de 0.10 metros, es decir, las diferencias de ondulación del geoid obtenidas por las observaciones GPS tienen un error a priori de 0.10 metros. Esto parece coherente con la distancia media entre los puntos y las precisiones obtenidas en este tipo de observaciones. Ahora bien, las observaciones y la futura compensación de la red de control van a dar como resultados las coordenadas de los vértices de la red respecto de un sistema tridimensional de satélites, y para obtener ondulaciones del geoid hay que conocer con esta misma precisión al menos las cotas ortométricas de los puntos de la red. Dicho en otras palabras, para que esta precisión se mantenga y sirva para fines geodésicos, en este caso de determinación de geoid, es necesario tener una red de nivelación de alta precisión, que permita precisiones globales de al menos 0.10 metros.

Al igual que en los apartados anteriores las 64 observaciones de diferencia de ondulación del geoid via GPS, se han introducido

en la red astrogeodésica como observaciones con una desviación típica a priori de 0.10 metros.

Los resultados del ajuste en cuanto al error medio cuadrático en la determinación del geoide en los puntos de la red astrogeodésica, están en la tabla 9.7, y según puede observarse estos errores están en el orden de 0.15 a 0.30 metros. Resultado esperado, puesto que localmente no aumenta la precisión, pero globalmente se ha aumentado considerablemente.

Los resultados totales del ajuste pueden verse en el listado correspondiente, y los errores medios cuadráticos de las observaciones GPS están comprendidos entre los 0.06 y 0.08 metros.

En cuanto a la fiabilidad de la red de control, los resultados obtenidos demuestran que el test de Baarda detecta un error grosero, para un nivel de probabilidad del 1% y potencia del 80%, en las observaciones GPS cuando se dan errores comprendidos entre 0.40 y 0.50 metros. Esto evidencia que el control se está dando en realidad, puesto que estos errores están en el orden de precisión de la determinación del geoide por métodos exclusivamente astrogeodésicos.

La fiabilidad total de la red es 0.33, que mejora la fiabilidad de la red meramente astrogeodésica.

En este trabajo únicamente se ha hablado de métodos astrogeodésicos con control por observaciones espaciales. A continuación se van a discutir brevemente los métodos astrogravimétricos, como refinamiento y mejora de los anteriores.

Este proyecto se quedaría cojo si no estuviese acompañado de una parte gravimétrica. En las 235 estaciones donde se determine

desviación de la vertical astronómicamente, deben hacerse rellenos gravimétricos alrededor de las estaciones en un radio de unos 10 kilómetros al menos. La aplicación de la fórmula de Stokes para la determinación de diferencias de ondulación del geoide a distancias tipo 50 kilómetros con datos de anomalía de la gravedad ha demostrado ser uno de los métodos más potentes para la determinación del geoide. Si los errores en la determinación de las anomalías de la gravedad son del orden de 4 miligales, cantidad perfectamente alcanzable siempre que se realice la corrección de terreno a los valores observados, se pueden obtener errores inferiores a 10 centímetros en las diferencias de ondulación del geoide por métodos gravimétricos. Por tanto, la solución ideal para la determinación del geoide en España podría seguir los siguientes puntos.

- 1.- Observación de estaciones astronómicas de segundo orden a fin de determinar las componentes de la desviación de la vertical, sobre una red de longitud media de 50 kilómetros.
- 2.- Observación de una red de control GPS con lados medios del orden de 150 kilómetros.
- 3.- Establecer un modelo digital del terreno con una cuadrícula de al menos 5 kilómetros de lado.
- 4.- Observación gravimétrica alrededor de los puntos dato en desviación de la vertical, en un radio no inferior a 10 kilómetros.
- 5.- Corrección de las componentes de la desviación de la vertical y anomalías de la gravedad por topografía e isostasia.

En estas condiciones se pueden obtener precisiones locales inferiores a 0.05 metros sobre lados de 50 kilómetros.

En base a estas precisiones se ha hecho una tercera simula-

ción con una red de control GPS, como la descrita anteriormente.

Primeramente se ha hecho un análisis de la red GPS, de las precisiones que puede dar y de su fiabilidad, para lo cual se ha procedido a una compensación de la red como red libre, es decir, sin puntos fijos.

En la tabla 9.8 aparecen las coordenadas aproximadas de los vértices de esta red. La precisión supuesta a las observaciones ha sido al igual que antes, de 0.10 metros, en diferencia de ondulación de geoide entre puntos dato. La tabla 9.9 da las observaciones simuladas.

En la tabla 9.10 se dan las precisiones absolutas en la determinación de las ondulaciones del geoide en los puntos de la red, estando comprendidas entre 0.04 y 0.08 metros.

En la tabla 9.11 se dan los errores medios cuadráticos de las observaciones después del ajuste, estando comprendidas entre 0.04 metros y 0.09 metros.

En la tabla 9.12 aparece el estudio de la fiabilidad de la red, indicando por QB el parámetro de control de observaciones, (capítulo 4, apartado 3), que está comprendido entre 0.18 y 0.83, que indica un buen control de la red, en cuanto a su configuración y diseño. Tanto los parámetros que definen la fiabilidad interna como externa RX y RB se mueven en valores aceptables y por último, a un nivel de probabilidad del 1%, con una potencia del 80% se pueden detectar errores groseros en las observaciones con valores comprendidos entre 0.40 y 0.80 metros. La fiabilidad total de la red es 0.44, que nos indica que es fiable, y puede servir de control para fines de geoide.

Por último, se ha hecho una simulación en base a las precisiones postuladas para el caso de estaciones astrogravimétricas. Para una observación entre puntos dato alejados d kilómetros, se ha supuesto una precisión a priori

$$s = (d/50) 0.10 \text{ metros.}$$

La tabla 9.13 da las precisiones en la determinación del geoid con estas hipótesis de ponderación, que están comprendidas entre 0.03 y 0.10 metros. Estos resultados no dejan lugar a dudas sobre cual debe ser el método a seguir, aunque el trabajo sea arduo y costoso.

Resumiendo, todo lo dicho en este capítulo es posible, siempre que se defina claramente y por escrito un proyecto de realización de geoid en España, y de esta forma, si a alguien no le gusta el tema, tendrá también por escrito, y por supuesto demostrar, el porqué del abandono del proyecto.

Desde un punto de vista práctico, la realización de unas 180 estaciones astronómicas de segundo orden es posible en un plazo de tres años, con tres equipos destinados completamente a esta labor. Pensemos que una astronómica de segundo orden se hace en dos días de observación útiles, y contando con desplazamientos, vacaciones y días no útiles para la observación, se puede muy bien pensar en una astronómica por semana y equipo de media. Con 180 días de campaña por año un equipo puede hacer unas 20 estaciones, y tres equipos 60 astronómicas por año, cumpliendo los planes previstos para las 180 astronómicas en tres años.

En cuanto a las estaciones de gravimetría local, la adquisición de barómetros de precisión capaces de garantizar precisiones

de un metro en la altimetría de los puntos a levantar, daría una gran rapidez al levantamiento de la zona próxima al punto de interés, pudiéndose pensar en dos días de trabajo útil para cada estación. Teniendo en cuenta que este tipo de trabajos depende mucho menos de la climatología que la observación astronómica, se puede pensar en cinco días de media para cada punto, y por supuesto, tres equipos destinados durante tres años a este trabajo, harían al menos 120 puntos gravimétricos para la determinación de geoides, y quizás 150, que serían suficientes para salir de la situación en que nos encontramos.

Por otra parte, se tendrían que crear grupos de trabajo, que perfectamente coordinados con distintos organismos tales como, I.G.N., U.C.M. y C.S.I.C., que se dedican a estos temas, sean capaces de poner a punto el inmenso trabajo de investigación y desarrollo de aplicaciones informáticas necesarios para el tratamiento de la ingente información que se tendría que procesar. Pensemos en el establecimiento de un modelo digital del terreno de al menos una densidad de 5 kms por 5 kms de nuestro país, puesta a punto de métodos de cálculo de estaciones gravimétricas por métodos tipo colocación y de Stokes, corrección de los datos, tanto desviaciones de la vertical astrogeodésicas, como anomalías de la gravedad, estudios de futuro control GPS y su aplicación coherente a las redes geodésicas, y sobre todo, el estudio y futura mejora de la desastrosa red de nivelación de alta precisión.

DESIGNACION DEL VERTICE D M B E	NUMERO DEL VERTICE	NUMERO DE ORDEN	D E	V E R T I C E	LONGITUD G M S	LATITUD G M S	ALTITUD M	CLAVE
35-BEL	1	8001		-6.39000000	37.03000000	0.0	1	
36-GRATE	2	8002		-6.31000000	37.37000000	0.0	2	
37-SIERRA VIEJA	3	8003		-6.33000000	38.29000000	0.0	3	
38-LAS CUESTAS	4	8004		-6.39000000	38.23000000	0.0	4	
39-SIERRA VIEJA	5	8005		-6.31000000	37.24000000	0.0	5	
40-CARMINA	6	8006		-6.31000000	37.24000000	0.0	6	
41-CLAY	7	8007		-6.24000000	37.15000000	0.0	7	
42-CLAY ALTA	8	8008		-6.24000000	37.15000000	0.0	8	
43-ARREDES	9	8009		-6.46000000	37.39000000	0.0	9	
44-BIENVENIDA	10	8010		-6.09000000	37.16000000	0.0	10	
45-PARAPAYUA	11	8011		-3.35000000	37.18000000	0.0	11	
46-CONJUNTO	12	8012		-3.35000000	36.45000000	0.0	12	
47-JOJO	13	8013		-4.31000000	38.23000000	0.0	13	
48-ESTRELLA	14	8014		-3.36000000	37.22000000	0.0	14	
49-MAGINA	15	8015		-3.27000000	37.22000000	0.0	15	
50-SANTA BARBARA	16	8016		-2.50000000	37.35000000	0.0	16	
51-PEÑEA	17	8017		-2.30000000	37.35000000	0.0	17	
52-TETICA	18	8018		-2.24000000	37.15000000	0.0	18	
53-SANTO	19	8019		-2.30000000	37.30000000	0.0	19	
54-GOLDAN	20	8020		-2.07000000	36.36000000	0.0	20	
55-YENERIFE	21	8021		-1.44000000	37.17000000	0.0	21	
56-SANCTI SPIRITUS	22	8022		-0.31000000	37.36000000	0.0	22	
57-FUITRE	23	8023		-1.34000000	38.09000000	0.0	23	
58-SANTA POLA	24	8024		-0.31000000	38.12000000	0.0	24	
59-ROPLE	25	8025		-1.20000000	38.40000000	0.0	25	
60-ESPUCA	26	8026		-1.20000000	37.50000000	0.0	26	
61-EGEA	27	8027		-0.35000000	38.30000000	0.0	27	
62-DUGO	28	8028		0.07000000	38.48000000	0.0	28	
63-CULLERA	29	8029		-0.10000000	39.10000000	0.0	29	
64-RODANA	30	8030		-0.37000000	39.32000000	0.0	30	
65-BUENAVISTA	31	8031		-1.38000000	38.12000000	0.0	31	
66-JUEGO DE BOLLOS	32	8032		-3.05000000	38.22000000	0.0	32	
67-MONTE MAGAN	33	8033		-3.34000000	38.39000000	0.0	33	
68-AMIR	34	8034		-4.38000000	38.24000000	0.0	34	
69-CANTOS NEGROS	35	8035		-4.32000000	38.11000000	0.0	35	
70-CERVILES	36	8036		-3.18000000	38.23000000	0.0	36	
71-MAGACELA	37	8037		-2.44000000	38.48000000	0.0	37	
72-JAMATICA	38	8038		-0.24000000	39.48000000	0.0	38	
73-SILLETA	39	8039		-0.64000000	40.01000000	0.0	39	
74-SIERRA BARBARA	40	8040		-0.32000000	40.01000000	0.0	40	
75-SIERRA CURIA	41	8041		-0.10000000	40.31000000	0.0	41	
76-FRANCIA	42	8042		-6.31000000	40.32000000	0.0	42	
77-BERIOJA	43	8043		-6.04000000	40.95000000	0.0	43	
78-DIEGO GOMEZ	44	8044		-6.18000000	41.45000000	0.0	44	
79-CAREZA DEL MORNO	45	8045		-3.30000000	41.45000000	0.0	45	
80-FUENTES	46	8046		-3.29000000	41.11000000	0.0	46	
81-CASTILLEJO	47	8047		-3.10000000	39.25000000	0.0	47	
82-PEDRO GOMEZ	48	8048		-4.48000000	39.25000000	0.0	48	
83-CARRASCO	49	8049		-4.48000000	39.25000000	0.0	49	
84-IRAVETE	50	8050		-5.43000000	39.43000000	0.0	50	

TABLA 9.3

DESIGNACION DEL VERTICE O M B R E	NUMERO DEL VERTICE	A	B	L	A	O	E	V	E	R	T	I	C	E	S	ALTITUD M	CLAVE
	DE ORDEN																
VALDEGAMAS	51	8049	-6.05000000	39.35000000	0.0	0											
CALVITERO	52	8050	-8.66000000	40.17000000	0.0	0											
VALDINUEVO	53	8051	-6.30000000	40.36000000	0.0	0											
ESCUSA	54	8052	-6.37000000	38.51000000	0.0	0											
DURANES	55	8053	-6.39000000	39.29000000	0.0	0											
BOLLOS	56	8054	-3.27000000	39.65000000	0.0	0											
GOLLINO	57	8055	-3.13000000	40.23000000	0.0	0											
ALMODOVAR	58	8056	-2.36000000	40.11000000	0.0	0											
ALTONIRA	59	8057	-2.49000000	40.30000000	0.0	0											
SANTOS	60	8058	-3.15000000	40.10000000	0.0	0											
COLLADO BAJO	61	8059	-1.65000000	39.42000000	0.0	0											
MOJON ALTO	62	8060	-2.27000000	39.37000000	0.0	0											
TALAYUELO	63	8061	-2.04000000	39.37000000	0.0	0											
CALLEJAS	64	8062	-1.49000000	39.10000000	0.0	0											
CARDOCH	65	8063	-1.20000000	39.56000000	0.0	0											
ESPADAN	66	8064	-0.22000000	39.45000000	0.0	0											
PELADO	67	8065	-1.22000000	41.42000000	0.0	0											
VILLARUELA	68	8066	-4.50000000	42.08000000	0.0	0											
VEGAPAJAR	69	8067	-8.41000000	42.28000000	0.0	0											
CASTROVE	70	8068	-7.35000000	42.37000000	0.0	0											
FARO	71	8069	-8.31000000	42.10000000	0.0	0											
CEDEIRA	72	8070	-7.30000000	42.05000000	0.0	0											
COBA	73	8071	-7.36000000	42.21000000	0.0	0											
MEDA	74	8072	-6.88000000	42.12000000	0.0	0											
MONCALVO	75	8073	-7.08000000	42.35000000	0.0	0											
PRADO	76	8074	-7.10000000	42.30000000	0.0	0											
PRADERO	77	8075	-7.10000000	42.30000000	0.0	0											
GISTRAL	78	8076	-6.17000000	42.28000000	0.0	0											
ROBIA	79	8077	-5.16000000	42.13000000	0.0	0											
CASAS VIEJAS	80	8078	-5.16000000	42.13000000	0.0	0											
MORECHO	81	8079	-5.03000000	42.24000000	0.0	0											
MIRAVALLS	82	8080	-5.17000000	42.53000000	0.0	0											
SANDVAL	83	8081	-5.17000000	42.14000000	0.0	0											
VELILLA	84	8082	-5.24000000	42.50000000	0.0	0											
MAMPDRE	85	8083	-5.11000000	42.02000000	0.0	0											
VEGAS	86	8084	-5.20000000	42.81000000	0.0	0											
VILLANUEVA	87	8085	-4.44000000	42.16000000	0.0	0											
AMAYA	88	8086	-4.09000000	42.40000000	0.0	0											
LLATIAS	89	8087	-3.50000000	43.40000000	0.0	0											
VALDECEROLLAS	90	8088	-4.22000000	42.38000000	0.0	0											
FLORES	91	8089	-5.04000000	40.56000000	0.0	0											
CARBINERO	92	8090	-4.16000000	41.07000000	0.0	0											
NAVA	93	8091	-6.10000000	41.30000000	0.0	0											
COLGADIZOS	94	8092	-3.38000000	41.07000000	0.0	0											
RUBIO	95	8093	-3.67000000	41.26000000	0.0	0											
BREDA	96	8094	-4.00000000	41.55000000	0.0	0											
CERRADO	97	8095	-3.17000000	41.23000000	0.0	0											
SOLLUBE	98	8096	-2.46000000	43.22000000	0.0	0											
VALMERA	99	8097	-3.41000000	43.09000000	0.0	0											
ARD	100	8098	-3.07000000	43.02000000	0.0	0											

TABLA 2.3

DESIGNACION DEL VERTICE O M B M E	T N U M E R O	B L A N O	D E N U M E R O	V E R T I C E	L O N G I T U D	L A T I T U D	A L T I T U D	M O D O	J A N	C L A V E
PIEROS	101		8099	-2.52000000	42.51000000	0.0	0.0	0		0
ATZGOMRI	102		8100	-2.26000000	42.58000000	0.0	0.0	0		0
BERJAIN	103		8101	-2.59000000	42.53000000	0.0	0.0	0		0
FRANCILLAN	104		8102	-3.12000000	42.14000000	0.0	0.0	0		0
MINDEZJO	105		8103	-2.03000000	42.38000000	0.0	0.0	0		0
CRDES	106		8104	-2.40000000	41.40000000	0.0	0.0	0		0
ALTO CRUZ	107		8105	-2.21000000	42.38000000	0.0	0.0	0		0
BODERA	108		8106	-2.00000000	41.40000000	0.0	0.0	0		0
TERRA BLANCA	109		8107	-2.10000000	41.15000000	0.0	0.0	0		0
ESTEBAN	110		8108	-3.35000000	40.45000000	0.0	0.0	0		0
VERGA	111		8109	-0.57000000	41.56000000	0.0	0.0	0		0
MO-CAYO	112		8110	-1.58000000	42.09000000	0.0	0.0	0		0
VIGAS	113		8111	-1.50000000	41.47000000	0.0	0.0	0		0
HIGA	114		8112	-1.29000000	42.26000000	0.0	0.0	0		0
VIRGEN DE LA PERA	115		8113	-1.32000000	42.42000000	0.0	0.0	0		0
SAYITIN DOMINGO	116		8114	-1.00000000	42.42000000	0.0	0.0	0		0
PUSILLARDO	117		8115	-0.55000000	42.27000000	0.0	0.0	0		0
COLLARADA	118		8116	-0.36000000	42.21000000	0.0	0.0	0		0
SIVIL	119		8117	-0.28000000	42.43000000	0.0	0.0	0		0
SAN CAPRASIO	120		8118	-0.01000000	42.14000000	0.0	0.0	0		0
LERIDA	121		8119	-0.28000000	41.53000000	0.0	0.0	0		0
MONSECH	122		8120	0.38000000	41.52000000	0.0	0.0	0		0
BUVERO	123		8121	0.19000000	42.02000000	0.0	0.0	0		0
ANADUR	124		8122	-0.14000000	42.04000000	0.0	0.0	0		0
SAN GERVAS	125		8123	0.50000000	42.19000000	0.0	0.0	0		0
OSCOLLET	126		8124	1.16000000	42.07000000	0.0	0.0	0		0
ROCA CURVA	127		8125	1.32000000	41.50000000	0.0	0.0	0		0
SE LAM	128		8126	2.41000000	42.04000000	0.0	0.0	0		0
SALINAS	129		8127	2.23000000	42.04000000	0.0	0.0	0		0
PAGUERA	130		8128	2.45000000	42.34000000	0.0	0.0	0		0
ATANAYA	131		8129	1.47000000	42.08000000	0.0	0.0	0		0
JAVILANBRE	132		8130	-1.00000000	39.45000000	0.0	0.0	0		0
DESIERTO	133		8131	-1.01000000	40.06000000	0.0	0.0	0		0
MONTEIA	134		8132	0.00000000	40.05000000	0.0	0.0	0		0
FANGAL	135		8133	0.32000000	40.37000000	0.0	0.0	0		0
PESAGLUSA	136		8134	-0.49000000	40.46000000	0.0	0.0	0		0
PENABROYA	137		8135	-0.20000000	40.13000000	0.0	0.0	0		0
ENCARADA	138		8136	-1.17000000	38.19000000	0.0	0.0	0		0
LLAVERTA	139		8137	0.04000000	40.43000000	0.0	0.0	0		0
MONTNEGRE	140		8138	0.52000000	41.04000000	0.0	0.0	0		0
PURRURELL	141		8139	-0.18000000	41.24000000	0.0	0.0	0		0
SILLERO	142		8140	-0.50000000	41.26000000	0.0	0.0	0		0
PALDHERA	143		8141	-1.12000000	40.36000000	0.0	0.0	0		0
SAN JUST	144		8142	-0.49000000	40.46000000	0.0	0.0	0		0
AGUILA	145		8143	-1.46000000	40.52000000	0.0	0.0	0		0
SIERRA ALTA	146		8144	-1.46000000	40.52000000	0.0	0.0	0		0
ARGONCILLO	147		8145	-1.40000000	40.30000000	0.0	0.0	0		0
PANTURILLAS	148		8146	-2.02000000	40.57000000	0.0	0.0	0		0
	149		8147	0.04000000	41.07000000	0.0	0.0	0		0
	150		8148							

TABLA 9.3

DESIGNACION DEL VERTICE O M B A E	NUMERO DE ORDEN	D E	V E R T I C A L	L O N G I T U D G M S	L A T I T U D G M S	A L T I T U D M	C L A V E	Y	O	J	A	A
MONTAGT	131	8130		-1.25000000	41.24000000	0.0	0					
MUSARA	132	8131		-1.03000000	41.16000000	0.0	0					
MOPELLA	133	8132		-1.55000000	41.18000000	0.0	0					
MONTJUIHC	134	8133		2.10000000	41.22000000	0.0	0					
MONTSEHAT	135	8134		1.49000000	41.36000000	0.0	0					
MATAS	136	8135		2.16000000	41.30000000	0.0	0					
CADITRETS	137	8136		2.56000000	41.45000000	0.0	0					
SANTA CATALINA	138	8137		3.21000000	42.10000000	0.0	0					
ALJIRE	139	8138		-2.10000000	36.51000000	0.0	0					
VIJAS	140	8139		-2.58000000	36.51000000	0.0	0					
GUZCO	141	8140		-2.58000000	36.51000000	0.0	0					
UHRIA	142	8141		-2.58000000	36.51000000	0.0	0					
TOBRENEVA	143	8142		-6.57000000	37.11000000	0.0	0					
NAVAS CHICAS	144	8143		-6.22000000	36.43000000	0.0	0					
LAZOS	145	8144		-3.69000000	36.51000000	0.0	0					
PENAS	146	8145		-8.14000000	41.33000000	0.0	0					
FARO	147	8146		-2.00000000	41.39000000	0.0	0					
SAN VICENTE	148	8147		-2.00000000	41.39000000	0.0	0					
QUINTANILLA	149	8148		-3.52000000	42.01000000	0.0	0					
LDNA NEGRA	150	8149		-1.22000000	42.13000000	0.0	0					
SI-GEVA	151	8150		-0.03000000	41.40000000	0.0	0					
SALOU	152	8151		1.10000000	41.30000000	0.0	0					
RODOS	153	8152		2.07000000	40.49000000	0.0	0					
CORRAL	154	8153		-3.26000000	40.49000000	0.0	0					
CASAR	155	8154		-3.58000000	40.33000000	0.0	0					
ALTOS GALAPAGAR	156	8155		-1.25000000	40.14000000	0.0	0					
JAVALOY	157	8156		-6.07000000	39.12000000	0.0	0					
MONTANCHEZ	158	8157		-3.58000000	38.25000000	0.0	0					
PALO	159	8158		-1.10000000	37.19000000	0.0	0					
CARCIE	160	8159		-7.24000000	36.28000000	0.0	0					
MONTTEGIRDO	161	8160		-6.12000000	36.42000000	0.0	0					
SAN FERNANDO	162	8161		-2.50000000	36.18000000	0.0	0					
BANDOS	163	8162		-3.05000000	36.18000000	0.0	0					
CHICLANA	164	8163		-3.36000000	37.10000000	0.0	0					
GRANADA	165	8164		-4.17000000	36.48000000	0.0	0					
SANTO PITAR	166	8165		-5.12000000	37.15000000	0.0	0					
MAESTRE	167	8166		-6.23000000	37.32000000	0.0	0					
CEJO	168	8167		-5.09000000	38.31000000	0.0	0					
INJURIAS	169	8168		-4.35000000	41.29000000	0.0	0					
GRAJALES	170	8169		-2.58000000	41.23000000	0.0	0					
PONTILLO	171	8170		-1.50000000	41.17000000	0.0	0					
ABANCOS	172	8171		-1.14000000	41.38000000	0.0	0					
CUATRO RIOS	173	8172		-3.22000000	42.10000000	0.0	0					
LAJUN	174	8173		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	175	8174		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	176	8175		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	177	8176		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	178	8177		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	179	8178		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	180	8179		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	181	8180		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	182	8181		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	183	8182		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	184	8183		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	185	8184		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	186	8185		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	187	8186		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	188	8187		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	189	8188		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	190	8189		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	191	8190		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	192	8191		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	193	8192		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	194	8193		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	195	8194		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	196	8195		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	197	8196		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	198	8197		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	199	8198		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					
LAJUN	200	8199		-2.24000000	42.32000000	0.0	0					

TABLA 9.3

DESIGNACION DEL VERTICE O M B R E	NUMERO DE ORDEN	O E	V E R	T I C E S	ALTITUD M	CLAVE	M O J A S
MOLUENGO	201	4242	-1.27000000	39.29300000	0.0	3	
MONTALVOS	202	5009	-0.30400000	40.56000000	0.0	0	
AULENANA	203	4221	1.04400000	41.45000000	0.0	0	
MUESCA	204	5010	-0.24400000	42.08000000	0.0	0	
SAN BARTOLOME	205	4232	-1.56400000	42.34000000	0.0	0	
BIENVENIDA	206	6001	-2.21000000	40.54000000	0.0	0	
MONTALVILLA	207	6002	-2.31000000	41.22000000	0.0	0	
AYEDO	208	6003	-2.31700000	42.04000000	0.0	0	
VNZ	209	7002	-5.33400000	36.02000000	0.0	0	
VMS	210	7003	-5.28000000	36.03000000	0.0	0	
VMS	211	7009	-5.48000000	36.06000000	0.0	0	
VNLO	212	7010	-5.43000000	36.05000000	0.0	0	
SS4	213	7004	-2.31000000	35.40000000	0.0	0	
SS5	214	7005	-2.31000000	35.40000000	0.0	0	
SS6	215	7006	-2.31000000	35.41000000	0.0	0	
SS7	216	7007	-2.28000000	35.51000000	0.0	0	
SS8	217	7008	-2.17000000	35.55000000	0.0	0	
PRANM	218	8181	-5.37000000	42.48000000	0.0	0	
IBIDUAL	219	8182	-5.37000000	43.14000000	0.0	0	
IBIDUAL	220	8283	-4.10000000	42.30000000	0.0	0	
GULIAIA	221	8183	-6.20000000	38.51000000	0.0	0	
GULIAIA	222	8180	-6.37000000	38.51000000	0.0	0	
SANTA INES	223	8184	-5.30000000	38.32000000	0.0	0	
VALDOSA	224	8184	-5.30000000	38.32000000	0.0	0	
VEITA DEL PUERTO	225	8175	-4.31000000	38.10000000	0.0	0	
LA PINTADA	226	8175	-5.46000000	38.03000000	0.0	0	
CA-MORRO	227	8172	-5.51000000	37.15000000	0.0	0	
DUQUE	228	8170	-4.35000000	36.58000000	0.0	0	
PAREDOÑES	229	8170	-5.00000000	36.30000000	0.0	0	
BLANQUILLA	230	8174	-4.23000000	37.45000000	0.0	0	
ALLENARAS	231	8176	-2.52000000	38.05000000	0.0	0	
CHINCHILLA	232	8177	-2.20000000	38.50000000	0.0	0	
MINISTRA	233	8178	-1.40000000	41.10000000	0.0	0	
HERRERA	234	8185	-2.20000000	41.10000000	0.0	0	
	235	8185	-1.16000000	41.13000000	0.0	0	

TABLA 9.3

RESULTADOS DE LA COMPENSACION * -DJA 1

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	ANG.GEODE	RES.TIPICA
0000	8001	37.03	-6.39	0.0	0.0	0.0	1.42
0001	8002	37.39	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.43
0002	8003	38.29	-6.33	0.0	0.0	0.0	0.30
0003	8004	38.55	-6.39	0.0	0.0	0.0	0.34
0004	8005	38.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.41
0005	8006	37.28	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.34
0006	8007	38.46	-5.23	0.0	0.0	0.0	0.40
0007	8008	37.19	-6.44	0.0	0.0	0.0	0.34
0008	8009	37.19	-6.44	0.0	0.0	0.0	0.34
0009	8010	38.14	-6.29	0.0	0.0	0.0	0.38
0010	8011	37.18	-5.35	0.0	0.0	0.0	0.34
0011	8012	36.49	-5.35	0.0	0.0	0.0	0.34
0012	8013	36.49	-5.35	0.0	0.0	0.0	0.34
0013	8014	38.23	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.34
0014	8015	37.43	-5.36	0.0	0.0	0.0	0.35
0015	8016	37.22	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.36
0016	8017	37.35	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.38
0017	8018	37.15	-2.24	0.0	0.0	0.0	0.32
0018	8019	37.50	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.31
0019	8020	36.56	-2.07	0.0	0.0	0.0	0.37
0020	8021	37.17	-1.54	0.0	0.0	0.0	0.34
0021	8022	37.36	-0.51	0.0	0.0	0.0	0.46
0022	8023	38.09	-1.54	0.0	0.0	0.0	0.29
0023	8024	38.12	-0.51	0.0	0.0	0.0	0.35
0024	8025	38.40	-2.10	0.0	0.0	0.0	0.26
0025	8026	37.50	-1.20	0.0	0.0	0.0	0.33
0026	8027	38.50	-0.55	0.0	0.0	0.0	0.31
0027	8028	38.48	0.07	0.0	0.0	0.0	0.41
0028	8029	39.10	-0.10	0.0	0.0	0.0	0.38
0029	8030	39.32	-0.37	0.0	0.0	0.0	0.30
0030	8031	39.12	-1.28	0.0	0.0	0.0	0.23
0031	8032	38.52	-3.05	0.0	0.0	0.0	0.29
0032	8033	39.59	-3.94	0.0	0.0	0.0	0.23
0033	8034	39.34	-4.08	0.0	0.0	0.0	0.24
0034	8035	39.11	-4.22	0.0	0.0	0.0	0.27
0035	8036	39.33	-5.18	0.0	0.0	0.0	0.27
0036	8037	39.23	-5.44	0.0	0.0	0.0	0.34
0037	8038	39.48	-6.24	0.0	0.0	0.0	0.32
0038	8039	40.01	-6.04	0.0	0.0	0.0	0.29
0039	8040	40.01	-6.32	0.0	0.0	0.0	0.32
0040	8041	40.31	-6.10	0.0	0.0	0.0	0.29
0041	8042	40.32	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.35
0042	8043	40.55	-6.04	0.0	0.0	0.0	0.33
0043	8044	41.05	-6.16	0.0	0.0	0.0	0.33
0044	8045	41.45	-5.29	0.0	0.0	0.0	0.33
0045	8046	41.11	-5.29	0.0	0.0	0.0	0.29
0046	8047	39.23	-5.10	0.0	0.0	0.0	0.27
0047	8048	39.50	-6.48	0.0	0.0	0.0	0.27
0048	8049	39.43	-5.43	0.0	0.0	0.0	0.24

TABLA 9.4

RESULTADOS DE LA COMPENSACION

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	DMO.GEODE	DES.TIPICA
VALDEGAMAS	8049	39.35	-6.05	0.0	0.0	0.0	0.29
CALVITERO	8050	40.17	-5.44	0.0	0.0	0.0	0.29
VALDINHUELO	8051	40.38	-4.30	0.0	0.0	0.0	0.25
ESCUSA	8052	40.22	-4.37	0.0	0.0	0.0	0.24
DURANES	8053	38.51	-4.39	0.0	0.0	0.0	0.33
RILOS	8054	38.29	-3.27	0.0	0.0	0.0	0.29
GULLINGO	8055	39.45	-3.13	0.0	0.0	0.0	0.25
ALMODOVAR	8056	40.23	-3.16	0.0	0.0	0.0	0.16
ALTOMIRA	8057	40.11	-2.49	0.0	0.0	0.0	0.23
SANTOS	8058	40.30	-3.15	0.0	0.0	0.0	0.14
COLLADO PAJO	8059	40.10	-3.15	0.0	0.0	0.0	0.25
WILSON ALTO	8060	39.42	-3.59	0.0	0.0	0.0	0.25
ALAYUELO	8061	39.37	-3.57	0.0	0.0	0.0	0.23
CALLEJAS	8062	39.37	-3.49	0.0	0.0	0.0	0.23
CARRAN	8063	39.10	-3.00	0.0	0.0	0.0	0.29
ESPAN	8064	39.44	-0.22	0.0	0.0	0.0	0.29
PELLAN	8065	39.45	-0.22	0.0	0.0	0.0	0.29
VILLANUEVA	8066	41.42	-4.50	0.0	0.0	0.0	0.24
VEGAPAJAR	8067	42.08	-4.18	0.0	0.0	0.0	0.30
CASTROVE	8068	42.28	-4.41	0.0	0.0	0.0	0.30
FARO	8069	42.37	-7.53	0.0	0.0	0.0	0.45
CEDEIRA	8070	43.10	-8.51	0.0	0.0	0.0	0.50
CORBA	8071	43.05	-7.50	0.0	0.0	0.0	0.47
MEDA	8072	42.21	-7.36	0.0	0.0	0.0	0.45
WINKALVO	8073	42.12	-6.48	0.0	0.0	0.0	0.41
PAJARO	8074	42.35	-7.20	0.0	0.0	0.0	0.41
PRADEIRO	8075	43.30	-7.20	0.0	0.0	0.0	0.43
GISTRAL	8076	43.28	-7.35	0.0	0.0	0.0	0.46
ROBIA	8077	43.23	-6.57	0.0	0.0	0.0	0.42
CASAS VIEJAS	8078	42.13	-5.56	0.0	0.0	0.0	0.35
MOFRECHU	8079	43.24	-5.02	0.0	0.0	0.0	0.38
MIRAVALLS	8080	42.53	-6.47	0.0	0.0	0.0	0.41
GAMONAL	8081	43.16	-5.87	0.0	0.0	0.0	0.40
VELILLA	8082	42.50	-5.42	0.0	0.0	0.0	0.36
HAMPDRE	8083	43.02	-5.11	0.0	0.0	0.0	0.35
VEGAS	8084	42.41	-5.20	0.0	0.0	0.0	0.35
VILLANUEVA	8085	42.16	-4.84	0.0	0.0	0.0	0.31
AMAYA	8086	42.40	-4.09	0.0	0.0	0.0	0.31
LLATTAS	8087	43.40	-3.50	0.0	0.0	0.0	0.38
VALDECEBOLLAS	8088	42.58	-4.22	0.0	0.0	0.0	0.32
FLORES	8089	40.56	-3.04	0.0	0.0	0.0	0.27
CARRONERO	8090	41.07	-4.16	0.0	0.0	0.0	0.24
YAYA	8091	41.30	-4.10	0.0	0.0	0.0	0.35
COLGADILLOS	8092	41.07	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.21
PUEBLO	8093	41.28	-3.67	0.0	0.0	0.0	0.23
BREDA	8094	41.55	-4.00	0.0	0.0	0.0	0.24
SENREDO	8095	41.55	-3.17	0.0	0.0	0.0	0.25
YLLIBRE	8096	43.42	-3.46	0.0	0.0	0.0	0.35
YLLIBRE	8097	43.48	-3.46	0.0	0.0	0.0	0.32
YLLIBRE	8098	43.02	-3.07	0.0	0.0	0.0	0.31

TABLA 9.4

RESULTADOS DE LA COMPENSACION							
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	UNO	GEOTECNICA
MONTAGUT	8150	41.24	-1.23	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8151	41.16	1.03	0.0	0.0	0.0	0.33
MONTAÑA	8152	41.18	1.23	0.0	0.0	0.0	0.39
MONTAÑA	8153	41.22	2.10	0.0	0.0	0.0	0.39
MONTAÑA	8154	41.36	1.49	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8155	41.30	2.16	0.0	0.0	0.0	0.40
MONTAÑA	8156	41.45	2.34	0.0	0.0	0.0	0.45
MONTAÑA	8157	42.04	3.07	0.0	0.0	0.0	0.47
MONTAÑA	8158	36.31	-5.36	0.0	0.0	0.0	0.41
MONTAÑA	8159	36.37	-4.39	0.0	0.0	0.0	0.39
MONTAÑA	8160	36.15	-5.38	0.0	0.0	0.0	0.43
MONTAÑA	8161	36.10	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.42
MONTAÑA	8162	37.11	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.46
MONTAÑA	8163	36.43	-6.22	0.0	0.0	0.0	0.43
MONTAÑA	8164	36.31	-3.49	0.0	0.0	0.0	0.29
MONTAÑA	8165	43.33	-8.14	0.0	0.0	0.0	0.51
MONTAÑA	8166	43.33	-5.31	0.0	0.0	0.0	0.42
MONTAÑA	8167	43.19	-2.00	0.0	0.0	0.0	0.37
MONTAÑA	8168	42.01	-5.23	0.0	0.0	0.0	0.32
MONTAÑA	8169	42.13	-5.32	0.0	0.0	0.0	0.29
MONTAÑA	8170	42.04	-1.22	0.0	0.0	0.0	0.28
MONTAÑA	8171	41.40	-0.03	0.0	0.0	0.0	0.31
MONTAÑA	8172	41.03	1.10	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8173	41.51	2.07	0.0	0.0	0.0	0.39
MONTAÑA	8174	40.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.30
MONTAÑA	8175	40.41	-3.24	0.0	0.0	0.0	0.19
MONTAÑA	8176	40.33	-3.38	0.0	0.0	0.0	0.24
MONTAÑA	8177	40.15	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.29
MONTAÑA	8178	39.12	-6.07	0.0	0.0	0.0	0.33
MONTAÑA	8179	38.35	-3.38	0.0	0.0	0.0	0.32
MONTAÑA	8180	37.29	-1.10	0.0	0.0	0.0	0.23
MONTAÑA	8181	37.29	-7.15	0.0	0.0	0.0	0.43
MONTAÑA	8182	36.42	-2.52	0.0	0.0	0.0	0.42
MONTAÑA	8183	36.42	-5.09	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8184	36.18	-3.34	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8185	37.10	-5.34	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8186	36.48	-4.17	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8187	37.15	-5.12	0.0	0.0	0.0	0.39
MONTAÑA	8188	37.32	-6.12	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8189	36.31	-5.09	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTAÑA	8190	37.52	-4.39	0.0	0.0	0.0	0.28
MONTAÑA	8191	41.23	-2.38	0.0	0.0	0.0	0.29
MONTAÑA	8192	41.23	-1.30	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8193	41.17	-1.30	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8194	41.38	-1.14	0.0	0.0	0.0	0.31
MONTAÑA	8195	42.41	-3.32	0.0	0.0	0.0	0.41
MONTAÑA	8196	43.33	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.41
MONTAÑA	8197	43.32	-8.21	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8198	39.30	-2.51	0.0	0.0	0.0	0.26
MONTAÑA	8199	38.58	-2.30	0.0	0.0	0.0	0.29

TABLA 9.4

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	QUID.	GENICE	DESV.TIPICA
COLUENGO	4242	39.29	-1.27	0.0	0.0		0.0	0.29
MONTALVOS	5008	40.36	-0.30	0.0	0.0		0.0	0.30
ALUMENARA	4231	41.43	1.04	0.0	0.0		0.0	0.35
MUESCA	5010	42.08	-0.24	0.0	0.0		0.0	0.31
SAN BARTOLOME	4232	42.34	-1.26	0.0	0.0		0.0	0.30
BIENVENIDA	6001	40.34	-2.21	0.0	0.0		0.0	0.22
CHONTALVILLA	6002	41.22	-2.21	0.0	0.0		0.0	1.25
AYEDO	6003	42.04	-2.17	0.0	0.0		0.0	0.28
V42	7002	36.02	-5.24	0.0	0.0		0.0	0.43
V43	7003	36.03	-5.28	0.0	0.0		0.0	0.43
V49	7009	36.06	-5.48	0.0	0.0		0.0	0.44
V410	7010	36.05	-5.43	0.0	0.0		0.0	0.44
V554	7004	35.47	-5.34	0.0	0.0		0.0	0.46
V552	7005	35.51	-5.31	0.0	0.0		0.0	0.43
V553	7006	35.51	-5.31	0.0	0.0		0.0	0.44
V557	7007	35.54	-5.28	0.0	0.0		0.0	0.44
V558	7008	35.53	-5.17	0.0	0.0		0.0	0.44
PARANO	8181	42.48	-7.10	0.0	0.0		0.0	0.43
GAGADIAL	8182	43.14	-5.57	0.0	0.0		0.0	0.34
1810	8285	43.30	-6.10	0.0	0.0		0.0	0.36
GUIANA	8183	42.20	-6.20	0.0	0.0		0.0	0.38
L'BOA	8180	38.51	-6.37	0.0	0.0		0.0	0.30
SANTA INES	8179	38.32	-5.37	0.0	0.0		0.0	0.26
VALDOSA	8184	41.57	-5.30	0.0	0.0		0.0	0.26
VENTA DEL PUERTO	8175	38.11	-6.21	0.0	0.0		0.0	0.35
MAMAPEGA	8173	38.03	-5.46	0.0	0.0		0.0	0.37
LA PINTADA	8172	37.15	-5.51	0.0	0.0		0.0	0.39
CAMIRRO	8171	36.38	-6.55	0.0	0.0		0.0	0.38
BARONES	8170	36.00	-7.00	0.0	0.0		0.0	0.40
PARANGONES	8169	37.40	-6.20	0.0	0.0		0.0	0.35
BLANQUILLA	8174	38.03	-2.52	0.0	0.0		0.0	0.35
ALMENARAS	8177	38.30	-2.20	0.0	0.0		0.0	0.27
CHICHILLA	8178	38.55	-1.40	0.0	0.0		0.0	0.28
MINISTRA	8185	41.10	-2.20	0.0	0.0		0.0	0.24
HERRERA	8189	41.10	-1.16	0.0	0.0		0.0	0.27

TABLA 9.4

RESULTADOS DE LA COMENSACION										HOJA 1	
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	ORDENACION		RESERVA			
BORQUE	8001	37-03	-6-39	0.0	0.0						
URANTE	8002	37-39	-6-31	0.0	0.0						
SIERRA VIEJA	8003	38-29	-6-33	0.0	0.0						
LAS CUESTAS	8004	38-55	-6-59	0.0	0.0						
GIBALBIN	8005	36-49	-5-37	0.0	0.0						
CARMINA	8006	37-28	-5-37	0.0	0.0						
PIÑAR	8007	36-46	-5-23	0.0	0.0						
CUEVAS ALTAS	8008	37-15	-6-24	0.0	0.0						
ARBOLES	8009	37-59	-6-46	0.0	0.0						
BIENVENIDA	8010	38-14	-6-09	0.0	0.0						
PARAPANDA	8011	37-18	-5-55	0.0	0.0						
CONJUNTO	8012	36-45	-5-38	0.0	0.0						
JUDIO	8013	38-56	-6-31	0.0	0.0						
ESTRELLA	8014	37-23	-5-37	0.0	0.0						
SANTA ANA	8015	37-23	-5-37	0.0	0.0						
SANTA BARBARA	8016	37-22	-5-50	0.0	0.0						
PEREA	8017	37-33	-2-30	0.0	0.0						
TETICA	8018	37-15	-2-24	0.0	0.0						
GIGANTE	8019	37-50	-2-50	0.0	0.0						
PILLOAN	8020	36-56	-2-37	0.0	0.0						
TEIERIFE	8021	37-17	-1-44	0.0	0.0						
SANCTI SPIRITUS	8022	37-36	-0-31	0.0	0.0						
PUITRE	8023	38-09	-1-44	0.0	0.0						
SANTA POLA	8024	38-12	-0-31	0.0	0.0						
ROBLE	8025	38-40	-2-10	0.0	0.0						
ESPURA	8026	37-50	-1-20	0.0	0.0						
EGEA	8027	38-50	-0-35	0.0	0.0						
WINGO	8028	38-48	0-07	0.0	0.0						
CULLERA	8029	39-10	-0-10	0.0	0.0						
RODANA	8030	39-32	-0-37	0.0	0.0						
BUENAVISTA	8031	39-12	-1-28	0.0	0.0						
JUEGO DE BOLOS	8032	38-52	-3-05	0.0	0.0						
MONTE MAGAN	8033	39-39	-3-24	0.0	0.0						
AMOR	8034	39-34	-4-08	0.0	0.0						
CANTOS NEGROS	8035	39-11	-4-52	0.0	0.0						
CERVALES	8036	39-35	-5-18	0.0	0.0						
AGACELA	8037	39-08	-6-58	0.0	0.0						
JABARIEGA	8038	39-08	-6-58	0.0	0.0						
SILLETA	8039	40-01	-6-52	0.0	0.0						
SANTA BARBARA	8040	40-01	-6-52	0.0	0.0						
PEREA	8041	40-31	-6-10	0.0	0.0						
BERGOSA	8042	40-32	-6-31	0.0	0.0						
GIEGO GOMEZ	8043	40-35	-6-16	0.0	0.0						
CABEZA DEL HORNO	8044	41-05	-6-16	0.0	0.0						
FUENTES	8045	41-45	-5-50	0.0	0.0						
CASTILLEJO	8046	41-11	-5-29	0.0	0.0						
PEDRO GOMEZ	8047	39-25	-5-10	0.0	0.0						
CARRASCO	8048	39-50	-4-58	0.0	0.0						
MIRAVETE	8049	39-45	-5-45	0.0	0.0						

TABLA 9.5

R E S U L T A D O S D E L A C O M P E N S A C I O N						* -OJA	?	CONDICION	RESERVA
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA				
VALDEGAMAS	8049	39.35	-6.05	0.0	0.0			0.0	0.27
CALVITENO	8050	40.17	-5.94	0.0	0.0			0.0	1.32
VALDINUELO	8051	40.38	-6.30	0.0	0.0			0.0	3.22
ESCUSA	8052	40.22	-6.37	0.0	0.0			0.0	0.22
DIRAMES	8053	38.51	-6.39	0.0	0.0			0.0	3.32
BOLLOS	8054	39.29	-6.27	0.0	0.0			0.0	0.23
GOLLINO	8055	39.45	-5.15	0.0	0.0			0.0	0.22
ALMODIVAR	8056	40.23	-5.36	0.0	0.0			0.0	0.15
ALMODIVAR	8057	40.11	-2.49	0.0	0.0			0.0	0.21
ALMODIVAR	8058	40.30	-3.15	0.0	0.0			0.0	0.14
SANTOS	8059	40.30	-3.15	0.0	0.0			0.0	0.22
COLLADO SAJO	8060	39.42	-2.27	0.0	0.0			0.0	1.25
COLLADO SAJO	8061	39.42	-2.27	0.0	0.0			0.0	1.24
TALAYUELO	8062	39.37	-1.59	0.0	0.0			0.0	0.23
CALLEJAS	8063	39.10	-1.00	0.0	0.0			0.0	1.24
CARDEN	8064	39.54	-0.22	0.0	0.0			0.0	0.23
ESPANAN	8065	39.45	-1.22	0.0	0.0			0.0	1.24
PELAJO	8066	41.42	-6.50	0.0	0.0			0.0	1.24
VILLANUEVA	8067	42.08	-6.18	0.0	0.0			0.0	1.24
VEGAPAJAR	8068	42.28	-6.41	0.0	0.0			0.0	1.24
CASTROVE	8069	42.37	-7.53	0.0	0.0			0.0	0.37
FARO	8070	43.10	-8.31	0.0	0.0			0.0	0.37
CEDEIRA	8071	43.05	-7.50	0.0	0.0			0.0	0.37
CEBA	8072	42.21	-7.36	0.0	0.0			0.0	0.38
MEDA	8073	42.12	-6.48	0.0	0.0			0.0	0.34
PONCALVO	8074	42.35	-7.08	0.0	0.0			0.0	0.34
PAJARO	8075	43.30	-7.20	0.0	0.0			0.0	0.36
PRADEIRO	8076	43.23	-6.37	0.0	0.0			0.0	0.36
GISTRAL	8077	43.23	-6.37	0.0	0.0			0.0	0.39
BOBIA	8078	42.13	-5.96	0.0	0.0			0.0	0.39
CASAS VIEJAS	8079	42.53	-5.02	0.0	0.0			0.0	0.32
INFRECHO	8080	43.24	-6.07	0.0	0.0			0.0	0.32
MIRAVALLS	8081	42.53	-6.07	0.0	0.0			0.0	0.33
GAMONAL	8082	43.16	-5.87	0.0	0.0			0.0	0.32
VELILLA	8083	42.50	-5.42	0.0	0.0			0.0	0.30
HAMPONNE	8084	43.02	-5.11	0.0	0.0			0.0	0.31
VEGAS	8085	42.16	-5.20	0.0	0.0			0.0	0.30
VILLANUEVA	8086	42.41	-4.44	0.0	0.0			0.0	0.29
AMAYA	8087	42.40	-4.69	0.0	0.0			0.0	0.29
LLATIAS	8088	43.40	-3.50	0.0	0.0			0.0	0.29
VALDECEBOLLAS	8089	42.58	-2.22	0.0	0.0			0.0	0.30
FLURES	8090	40.56	-5.04	0.0	0.0			0.0	0.24
CARDONERO	8091	41.07	-6.10	0.0	0.0			0.0	0.21
MAYA	8092	41.30	-6.10	0.0	0.0			0.0	0.20
BUENOS	8093	41.07	-5.38	0.0	0.0			0.0	0.20
BUENOS	8094	41.26	-5.07	0.0	0.0			0.0	0.21
CERREDO	8095	41.23	-4.19	0.0	0.0			0.0	0.21
SILLURE	8096	43.22	-3.17	0.0	0.0			0.0	0.29
VALMERA	8097	43.09	-3.41	0.0	0.0			0.0	0.28
AMB	8098	43.02	-3.07	0.0	0.0			0.0	0.27

TABLA 9.5

RESULTADOS DE LA COMPENSACION							E.T.A.	L.O.G.E.I.C.E.	E.E. TÍPICA
NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	E.T.A.	L.O.G.E.I.C.E.	E.E. TÍPICA		
MONTAGUT	4130	41.24	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.25		
MUSARA	4131	41.16	1.03	0.0	0.0	0.0	0.28		
MORELLA	4132	41.18	1.35	0.0	0.0	0.0	0.34		
MONTJUIHC	4133	41.22	2.10	0.0	0.0	0.0	0.37		
MONTISERRAT	4134	41.36	1.49	0.0	0.0	0.0	0.33		
MATAS	4135	41.30	2.16	0.0	0.0	0.0	0.36		
CADIRETAS	4136	41.45	2.56	0.0	0.0	0.0	0.41		
SANTA CATALINA	4137	42.04	3.07	0.0	0.0	0.0	0.43		
ALJIRE	4138	36.31	-5.36	0.0	0.0	0.0	0.34		
MIJAS	4139	36.37	-4.39	0.0	0.0	0.0	0.35		
VEJER	4140	36.15	-5.38	0.0	0.0	0.0	0.35		
GITANO	4141	36.10	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.37		
UMBRIA	4142	37.11	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.38		
TINNEBREYA	4143	36.43	-6.22	0.0	0.0	0.0	0.36		
NAVAS CHICAS	4144	36.31	-6.49	0.0	0.0	0.0	0.25		
LAGOA	4145	43.33	-8.14	0.0	0.0	0.0	0.37		
PEÑAS	4001	43.39	-5.31	0.0	0.0	0.0	0.37		
PANO	4147	43.19	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.35		
SAN VICENTE	4010	42.01	-5.23	0.0	0.0	0.0	0.22		
QUINTARILLA	4097	42.13	-5.22	0.0	0.0	0.0	0.22		
LOMA NEGRA	4212	42.04	-1.22	0.0	0.0	0.0	0.19		
STIGENIA	4217	41.40	-0.03	0.0	0.0	0.0	0.28		
SALOU	4269	41.03	1.10	0.0	0.0	0.0	0.28		
RODOS	4225	41.51	2.37	0.0	0.0	0.0	0.37		
CUBRAL	4015	40.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.22		
CASAR	4041	40.41	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.13		
ALTOS GALAPAGAR	3055	40.33	-5.38	0.0	0.0	0.0	0.24		
JAVALON	4132	40.14	-4.35	0.0	0.0	0.0	0.26		
MONTANCHEZ	4053	39.12	-6.07	0.0	0.0	0.0	0.26		
PALO	4070	38.59	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.32		
CARCHE	4127	38.25	-1.10	0.0	0.0	0.0	0.45		
MINGUERO	4385	37.19	-7.24	0.0	0.0	0.0	0.31		
SAN FERNANDO	4338	36.28	-6.12	0.0	0.0	0.0	0.35		
BAROS	4100	36.42	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.25		
CHICLANA	5001	38.18	-3.05	0.0	0.0	0.0	0.33		
GRANADA	5052	37.10	-3.36	0.0	0.0	0.0	0.37		
SANTO PITAR	4024	36.48	-4.17	0.0	0.0	0.0	0.33		
MAESTRE	1829	37.13	-6.23	0.0	0.0	0.0	0.37		
CEJO	1031	37.32	-6.23	0.0	0.0	0.0	0.32		
INJURIAS	1812	38.31	-3.09	0.0	0.0	0.0	0.26		
GRAJALES	5003	37.52	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.26		
PORTILLO	5004	41.23	-2.55	0.0	0.0	0.0	0.26		
ABANCOS	5005	41.17	-2.58	0.0	0.0	0.0	0.26		
CUATRO MUJONES	5006	41.17	-2.58	0.0	0.0	0.0	0.24		
MONTCLAR	4211	41.38	-1.14	0.0	0.0	0.0	0.26		
LATORERO	5007	42.41	-3.32	0.0	0.0	0.0	0.33		
TAZONES	4171	43.33	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.32		
PALANCA	4170	43.32	-6.21	0.0	0.0	0.0	0.24		
MITA	5008	39.30	-2.51	0.0	0.0	0.0	0.24		
BARREROS	4121	38.58	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.28		

TABLA 9.5

RESULTADOS DE LA COMPENSACION									
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	MDJA	DATE	GEODE	RES. TYPICA
MOLLEJO	4242	39.29	-1.27	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.23
MONTALVO	5009	40.56	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24
ALMENARA	4221	41.45	1.04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.31
MUESCA	5010	42.08	-0.24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28
SAN BARTOLOME	4232	42.34	-1.56	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.22
BIENVENIDA	6001	40.34	-2.21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.21
ONTALVILLA	6002	41.22	-2.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.19
AYEDO	6003	42.04	-2.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.24
VA2	7002	36.02	-5.34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37
VA3	7003	36.03	-5.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36
VA9	7009	36.06	-5.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.38
VA20	7010	36.05	-5.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.36
SS4	7004	35.44	-5.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37
SS5	7005	35.49	-5.44	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37
SS6	7006	35.51	-5.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.37
SS7	7007	35.54	-5.28	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.38
SS8	7008	35.55	-5.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.39
PARAMO	8181	42.46	-7.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
GAMDIAL	8182	43.14	-5.57	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30
ISIC	8183	43.30	-4.10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
GUJALA	8184	42.20	-6.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.32
LORDA	8180	38.51	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30
SANTA INES	8179	38.52	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.26
VALDOSA	8186	41.57	-3.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.21
VENTA DEL PUERTO	8175	38.11	-4.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.32
PAHUEGA	8173	38.03	-5.46	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
LA PINTA	8172	37.15	-5.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
DUGUE	8171	36.56	-4.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
PARQUER	8170	36.30	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.33
FLANQUILLA	8174	37.45	-4.23	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.34
ALMEJAS	8176	38.05	-2.52	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.27
CHINCHILLA	8177	38.30	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.27
MINISTRA	8178	38.55	-1.40	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.28
HERRERA	8185	41.10	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.20
	8195	41.10	-1.16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.26

TABLA 9.5

8001	BOHOL	37.63	-6.39	0.0	0.0	0.0
8002	MURTE	37.35	-6.31	0.0	0.0	0.0
8003	SILVER VIEJA	38.29	-6.33	0.0	0.0	0.0
8004	LAS CUESTAS	38.55	-6.39	0.0	0.0	0.0
8005	GIBALBIN	36.49	-5.37	0.0	0.0	0.0
8006	CARMINA	37.28	-5.37	0.0	0.0	0.0
8007	PINAR	36.46	-5.25	0.0	0.0	0.0
8008	CUEVAS ALTAS	37.15	-6.24	0.0	0.0	0.0
8009	ARBÓLES	37.59	-6.46	0.0	0.0	0.0
8010	BLENVENIDA	38.16	-5.39	0.0	0.0	0.0
8011	PARAPANOA	37.19	-5.35	0.0	0.0	0.0
8012	CONJUNTO	36.45	-5.38	0.0	0.0	0.0
8013	JUDIO	38.24	-6.31	0.0	0.0	0.0
8014	ESTRELLA	38.25	-5.36	0.0	0.0	0.0
8015	MAGNA	37.45	-5.27	0.0	0.0	0.0
8016	SANTA BARBARA	37.22	-6.30	0.0	0.0	0.0
8017	PEREA	37.35	-6.30	0.0	0.0	0.0
8018	TETICHE	37.52	-5.40	0.0	0.0	0.0
8019	RUBEN	37.52	-5.40	0.0	0.0	0.0
8020	RUEDA	36.52	-2.37	0.0	0.0	0.0
8021	TENERIFE	37.17	-1.44	0.0	0.0	0.0
8022	SANCTI SPIRITUS	37.36	-0.31	0.0	0.0	0.0
8023	PULIRE	38.09	-1.54	0.0	0.0	0.0
8024	SANTA POLA	38.12	-0.31	0.0	0.0	0.0
8025	RIBLE	34.40	-2.10	0.0	0.0	0.0
8026	FSPURA	37.50	-1.20	0.0	0.0	0.0
8027	ECEGA	38.50	-0.35	0.0	0.0	0.0
8028	P'ONGU	38.46	-0.07	0.0	0.0	0.0
8029	CULLERA	39.10	-0.10	0.0	0.0	0.0
8030	RODANA	39.32	-0.37	0.0	0.0	0.0
8031	BUENAVISTA	39.12	-1.58	0.0	0.0	0.0
8032	JUEGO DE BOLOS	38.52	-3.35	0.0	0.0	0.0
8033	MONTE MAGAN	39.59	-3.54	0.0	0.0	0.0
8034	ANDR	39.34	-6.08	0.0	0.0	0.0
8035	CANTOS NEGROS	39.11	-6.52	0.0	0.0	0.0
8036	CERVALES	39.33	-5.18	0.0	0.0	0.0
8037	MAGACELA	38.53	-5.44	0.0	0.0	0.0
8038	JABARIEGA	39.06	-6.48	0.0	0.0	0.0
8039	SILETTA BANHARA	40.48	-6.44	0.0	0.0	0.0
8040	SIERA CORIA	40.01	-6.32	0.0	0.0	0.0
8041	FRANCIA	40.31	-6.10	0.0	0.0	0.0
8042	REFUGIO	40.52	-6.31	0.0	0.0	0.0
8043	DIEGO GOMEZ	40.55	-6.04	0.0	0.0	0.0
8044	CABEZA DEL HORNO	41.05	-6.16	0.0	0.0	0.0
8045	FUENTES	41.45	-5.30	0.0	0.0	0.0
8046	CASTILLEJO	41.11	-5.59	0.0	0.0	0.0
8047	PEDRO GOMEZ	39.25	-5.10	0.0	0.0	0.0
8048	CARRASCO	39.50	-4.48	0.0	0.0	0.0
8049	INTRAVE	39.43	-5.49	0.0	0.0	0.0

TABLA 9.6

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	COORDENADAS	RES. TÍPICA
VALDEGAMAS	8049	39.35	-6.25	0.0	0.0	0.0	3.32
CALVITA	8050	40.17	-5.36	0.0	0.0	0.0	3.21
VALTINUEL	8051	40.38	-4.37	0.0	0.0	0.0	3.21
ECUATE	8052	40.22	-4.37	0.0	0.0	0.0	3.21
DURANES	8053	38.51	-4.37	0.0	0.0	0.0	3.21
ROLDAN	8054	39.29	-3.27	0.0	0.0	0.0	3.21
GULLINO	8055	39.43	-3.13	0.0	0.0	0.0	3.21
ALMODIVAR	8056	40.23	-3.36	0.0	0.0	0.0	3.21
ALDOMIRA	8057	40.11	-2.49	0.0	0.0	0.0	3.21
SANTOS	8058	40.30	-3.15	0.0	0.0	0.0	3.14
COLLADO BAJO	8059	40.10	-1.45	0.0	0.0	0.0	3.24
MOJON ALTO	8060	39.42	-2.27	0.0	0.0	0.0	3.22
TALAYUELO	8061	39.37	-2.34	0.0	0.0	0.0	3.23
CALLEJAS	8062	39.37	-1.49	0.0	0.0	0.0	3.25
CARDOCH	8063	39.10	-1.00	0.0	0.0	0.0	3.24
ESPADAN	8064	39.36	-0.22	0.0	0.0	0.0	3.27
PELADO	8065	39.43	-1.22	0.0	0.0	0.0	3.22
VILLAHUPLA	8066	41.42	-4.50	0.0	0.0	0.0	3.22
VEGAPAJAN	8067	42.08	-4.18	3.0	0.0	0.0	3.20
CASTROVE	8068	42.28	-8.41	0.0	0.0	0.0	3.49
FARD	8069	42.37	-7.53	0.0	0.0	0.0	3.34
CEDEIRA	8070	43.10	-8.31	0.0	0.0	0.0	3.33
CIBA	8071	43.05	-7.50	0.0	0.0	0.0	3.34
VEDA	8072	42.21	-7.36	0.0	0.0	0.0	3.34
MICALVO	8073	42.12	-6.48	0.0	0.0	0.0	3.32
PAJARO	8074	42.35	-7.08	0.0	0.0	0.0	3.28
PRADETHO	8075	43.30	-7.20	0.0	0.0	0.0	3.31
GISTRAL	8076	43.28	-6.37	0.0	0.0	0.0	3.30
BURIA	8077	43.23	-6.37	0.0	0.0	0.0	3.29
CASAS VIEJAS	8078	43.24	-5.52	0.0	0.0	0.0	0.27
HIPRECHES	8079	43.24	-5.52	0.0	0.0	0.0	0.29
MINAVALLÉS	8080	42.53	-6.47	0.0	0.0	0.0	0.28
GAPONAL	8081	43.16	-5.87	0.0	0.0	0.0	0.24
VELILLA	8082	42.50	-5.42	0.0	0.0	0.0	0.24
MAMPUE	8083	43.02	-5.11	0.0	0.0	0.0	0.31
VEGAS	8084	42.41	-5.20	0.0	0.0	0.0	3.30
VILLANUEVA	8085	42.18	-4.09	0.0	0.0	0.0	3.23
AMATAS	8086	42.40	-3.09	0.0	0.0	0.0	3.23
LLANTAS	8087	42.40	-3.59	0.0	0.0	0.0	3.32
VALDECEBOLLAS	8088	42.48	-2.52	0.0	0.0	0.0	3.28
FLONES	8089	40.26	-2.14	0.0	0.0	0.0	3.22
CARRONERO	8090	41.07	-4.10	0.0	0.0	0.0	3.21
NAVA	8091	41.07	-3.38	0.0	0.0	0.0	3.19
CULGADIZOS	8092	41.30	-3.10	0.0	0.0	0.0	3.31
RUBIO	8093	41.26	-3.67	0.0	0.0	0.0	3.31
OREDA	8094	41.55	-4.30	0.0	0.0	0.0	3.30
CERREDO	8095	43.23	-3.17	0.0	0.0	0.0	3.29
SOLLURE	8096	43.22	-2.46	0.0	0.0	0.0	3.23
VALMERA	8097	43.09	-3.41	0.0	0.0	0.0	3.23
ARD	8098	43.02	-3.07	0.0	0.0	0.0	3.26

TABLA 9.6

RESULTADOS DE LA COMPEÑASACIÓ

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	GR. GEOLÓGICO	SES. TIPICA
OTEROS	8099	42.31	-2.32	0.0	0.0	0.0	3.25
AITZGORRI	8100	42.36	-2.20	0.0	0.0	0.0	3.25
BERIATN	8101	42.33	-1.59	0.0	0.0	0.0	3.24
SAN MILLAN	8102	42.16	-3.12	0.0	0.0	0.0	3.24
FONCEA	8103	42.38	-3.03	0.0	0.0	0.0	3.25
MINDOJO	8104	41.40	-2.40	0.0	0.0	0.0	3.21
CODES	8105	42.38	-2.21	0.0	0.0	0.0	3.23
ALTO CRUZ	8106	41.40	-2.30	0.0	0.0	0.0	3.14
BOJERA	8107	40.15	-2.10	0.0	0.0	0.0	3.19
TIERRA BLANCA	8108	40.45	-3.05	0.0	0.0	0.0	3.16
ESTEBAN	8109	41.36	-0.57	0.0	0.0	0.0	3.19
VERGA	8110	42.09	-1.58	0.0	0.0	0.0	3.18
MURCAYO	8111	41.47	-1.50	0.0	0.0	0.0	3.22
VIGAS	8112	42.26	-1.29	0.0	0.0	0.0	3.25
HIGA	8113	42.42	-1.32	0.0	0.0	0.0	3.23
VIRGEN DE LA PERA	8114	42.42	-1.30	0.0	0.0	0.0	3.23
SANTO DOMINGO	8115	42.27	-0.55	0.0	0.0	0.0	3.23
PUSIL (RNO)	8116	42.21	-0.56	0.0	0.0	0.0	3.23
CELLARADA	8117	42.43	-0.58	0.0	0.0	0.0	3.23
SAN CARLOS	8118	42.43	-0.58	0.0	0.0	0.0	3.24
SIVIL CAMPASIO	8119	41.37	-0.21	0.0	0.0	0.0	3.24
BERDIO	8120	42.02	0.38	0.0	0.0	0.0	3.21
MONSICH	8121	42.02	0.46	0.0	0.0	0.0	3.28
RUERO	8122	42.04	0.19	0.0	0.0	0.0	3.26
ANADOR	8123	42.04	-0.14	0.0	0.0	0.0	3.21
SAN GERVAS	8124	42.19	0.50	0.0	0.0	0.0	3.30
COSCOLLET	8125	42.07	1.16	0.0	0.0	0.0	3.30
PINDS	8126	41.50	1.32	0.0	0.0	0.0	3.30
ROCA CORVA	8127	42.04	2.41	0.0	0.0	0.0	3.39
SE CALM	8128	42.04	2.23	0.0	0.0	0.0	3.36
SALINAS	8129	42.36	2.45	0.0	0.0	0.0	3.45
PAGUERA	8130	42.08	1.45	0.0	0.0	0.0	3.31
ATALAYA	8131	39.45	-1.00	0.0	0.0	0.0	3.24
JAVALAMBRE	8132	40.06	-1.01	0.0	0.0	0.0	3.23
DESERTO	8133	40.05	0.0	0.0	0.0	0.0	3.29
MONTSIA	8134	40.37	0.32	0.0	0.0	0.0	3.29
FANGAL	8135	40.46	0.48	0.0	0.0	0.0	3.24
PERAGLOSA	8136	40.13	-0.20	0.0	0.0	0.0	3.27
PERARROTA	8137	38.19	-5.17	0.0	0.0	0.0	3.32
ECANADA	8138	40.43	0.08	0.0	0.0	0.0	3.27
LLAVERIA	8139	41.06	0.52	0.0	0.0	0.0	3.26
MONTNEGHE	8140	41.24	0.14	0.0	0.0	0.0	3.23
PURBURELL	8141	41.26	-0.16	0.0	0.0	0.0	3.21
SILLERO	8142	41.30	-0.50	0.0	0.0	0.0	3.20
PALOMERA	8143	40.36	-1.12	0.0	0.0	0.0	3.24
SAN JUST	8144	40.46	-0.48	0.0	0.0	0.0	3.24
AGUILA ALTA	8145	40.32	-1.48	0.0	0.0	0.0	3.20
TIERRA ALTA	8146	40.50	-1.48	0.0	0.0	0.0	3.22
MACONCILLO	8147	40.37	-2.02	0.0	0.0	0.0	3.21
PANTORRILLAS	8148	41.07	0.08	0.0	0.0	0.0	3.27

TABLA 9.6

RESULTADOS DE LA COMPEYSACTIVIDAD

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	ORD. GEODE	RES. TÍPICA
MONTAGUT	8150	41.24	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.19
MUSARA	8151	41.16	1.03	0.0	0.0	0.0	0.25
MORELLA	8152	41.18	1.55	0.0	0.0	0.0	0.31
MONTJUMIC	8153	41.22	2.10	0.0	0.0	0.0	0.34
MONTSEMAT	8154	41.36	1.49	0.0	0.0	0.0	0.30
MATAS	8155	41.30	2.16	0.0	0.0	0.0	0.35
CADIRETAS	8156	41.45	2.56	0.0	0.0	0.0	0.39
SANTA CATALINA	8157	42.04	3.07	0.0	0.0	0.0	0.41
ALJIBE	8158	36.51	-5.36	0.0	0.0	0.0	0.25
HIJAS	8159	36.57	-5.39	0.0	0.0	0.0	0.32
VEJER	8160	36.15	-5.38	0.0	0.0	0.0	0.31
GIJARO	8161	36.10	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.29
TOBEREVA	8162	37.11	-5.27	0.0	0.0	0.0	0.29
TOBEREVA	8164	36.41	-5.22	0.0	0.0	0.0	0.32
MANAS CHICAS	8165	36.41	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.32
LAGOA	8166	43.33	-8.14	0.0	0.0	0.0	0.25
PEÑAS	8001	43.39	-5.51	0.0	0.0	0.0	0.24
FARO	4142	43.19	-5.51	0.0	0.0	0.0	0.32
SAN VICENTE	4310	42.01	-5.20	0.0	0.0	0.0	0.23
ALJIBANILLA	4212	42.13	-5.23	0.0	0.0	0.0	0.19
LOMA NEGRA	4217	42.04	-5.22	0.0	0.0	0.0	0.22
SIGENA	4269	41.40	-0.03	0.0	0.0	0.0	0.23
SALOU	4225	41.03	1.10	0.0	0.0	0.0	0.32
RIDDOS	4015	41.21	2.07	0.0	0.0	0.0	0.20
CONRAL	4015	40.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.09
CASAR	4056	40.41	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.26
ALTOS GALAPAGAR	3055	40.33	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.28
JAVALON	4152	40.14	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.31
MONTANCHEZ	4023	39.12	-6.07	0.0	0.0	0.0	0.33
PALO	4070	38.59	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.38
CARCHE	4127	38.25	-1.10	0.0	0.0	0.0	0.27
MIRTEQUINDO	4085	37.19	-7.24	0.0	0.0	0.0	0.31
SAN FERNANDO	4038	36.28	-6.12	0.0	0.0	0.0	0.25
BANDOS	4100	36.42	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.33
CHICLANA	5001	36.18	-3.05	0.0	0.0	0.0	0.29
GRANADA	5002	37.10	-3.36	0.0	0.0	0.0	0.33
SANTO PITAR	4096	36.48	-4.17	0.0	0.0	0.0	0.33
MAESTRE	1829	37.15	-5.12	0.0	0.0	0.0	0.30
CEJAI	1031	37.32	-6.23	0.0	0.0	0.0	0.30
LAJUNIAS	1812	36.51	-5.09	0.0	0.0	0.0	0.25
CONALES	5003	37.52	-2.58	0.0	0.0	0.0	0.25
PIRINELLO	5004	41.52	-2.53	0.0	0.0	0.0	0.25
ANACOS	5005	41.53	-2.53	0.0	0.0	0.0	0.25
CUATRO MOJONES	5006	41.17	-1.50	0.0	0.0	0.0	0.29
MONTOLAN	4211	41.34	-1.14	0.0	0.0	0.0	0.24
LATCHERO	5007	42.41	-3.32	0.0	0.0	0.0	0.24
TAZONES	4171	43.33	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.25
PALANCAS	4170	43.32	-6.21	0.0	0.0	0.0	0.25
MITA	5008	39.30	-2.51	0.0	0.0	0.0	0.23
BARRENDOS	4121	36.58	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.24

TABLA 9.6

RESULTADOS DE LA COMPUENSACION

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	IMP. DE REJILLA	RES. ESTÁTICA
BOMBAL	8001	37.03	-6.39	0.0	0.0	0.0	0.21
SIERRA VIEJA	8002	37.39	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.31
LAS CUERTAS	8003	38.29	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.31
GIBALBIN	8004	38.55	-6.39	0.0	0.0	0.0	0.25
CHORRA	8005	38.49	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
PIÑAS ALTAS	8006	37.24	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
LAZAROS	8007	37.46	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
PIENESIDA	8008	37.18	-6.28	0.0	0.0	0.0	0.27
PARAPARDA	8009	37.59	-6.29	0.0	0.0	0.0	0.31
CHORRIS	8010	37.18	-6.33	0.0	0.0	0.0	0.25
CHORRIS	8011	36.49	-6.33	0.0	0.0	0.0	0.25
ESTRELLA	8012	38.34	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.27
MAGINA	8013	38.23	-6.36	0.0	0.0	0.0	0.27
SANTA BARBARA	8014	37.43	-6.27	0.0	0.0	0.0	0.25
PEREA	8015	37.22	-6.30	0.0	0.0	0.0	0.25
YETICA	8016	37.35	-6.30	0.0	0.0	0.0	0.25
SIGATE	8017	37.15	-6.24	0.0	0.0	0.0	0.25
ILLAN	8018	37.50	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
TENERIFE	8019	36.56	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
SANCTI SPIRITUS	8020	37.17	-6.44	0.0	0.0	0.0	0.25
RUITRE	8021	37.36	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.25
SANTA POLA	8022	39.09	-6.34	0.0	0.0	0.0	0.25
RIBLE	8023	38.12	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.25
ESPUÑA	8024	37.50	-6.20	0.0	0.0	0.0	0.25
ETEA	8025	38.50	-6.35	0.0	0.0	0.0	0.25
PUJCO	8026	38.44	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
CULLERA	8027	39.10	-6.10	0.0	0.0	0.0	0.25
RIEANA	8028	39.32	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.25
BUENAVISTA	8029	39.12	-6.36	0.0	0.0	0.0	0.25
MONTE MAJAN	8030	38.52	-6.05	0.0	0.0	0.0	0.25
AMOR	8031	39.34	-6.36	0.0	0.0	0.0	0.25
CANTIS REJUNOS	8032	39.11	-6.32	0.0	0.0	0.0	0.25
CERVALES	8033	39.33	-6.18	0.0	0.0	0.0	0.25
MAGACELGA	8034	39.53	-6.46	0.0	0.0	0.0	0.25
JADALEGA	8035	39.58	-6.24	0.0	0.0	0.0	0.25
SIERRA BARBARA	8036	40.01	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.25
SIERRA CUNIA	8037	40.01	-6.13	0.0	0.0	0.0	0.25
FRANCIA	8038	40.31	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.25
BENZOSA	8039	40.52	-6.36	0.0	0.0	0.0	0.25
DIEGO GOMEZ	8040	40.55	-6.36	0.0	0.0	0.0	0.25
CABEZA DEL MORNO	8041	41.05	-6.16	0.0	0.0	0.0	0.25
FUENTES	8042	41.45	-6.30	0.0	0.0	0.0	0.25
CASTILLEJO	8043	41.11	-6.29	0.0	0.0	0.0	0.25
PEDRO GOMEZ	8044	39.25	-6.10	0.0	0.0	0.0	0.25
CARRASCO	8045	39.50	-6.48	0.0	0.0	0.0	0.25
MIRAVETE	8046	39.43	-6.45	0.0	0.0	0.0	0.25

TABLA 9.7

RESULTADOS DE LA COMPENSACION

NO. 2

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	GRUPO DE	DEPARTAMENTO
VALDEGAMAS	8549	33.35	-82.35	0.0	0.0	0.0	1.27
CALITERO	8550	42.17	-82.44	0.0	0.0	0.0	3.24
VALDEGAMAS	8551	42.35	-82.50	0.0	0.0	0.0	3.27
ECUASA	8552	42.42	-82.57	0.0	0.0	0.0	3.28
ECUASA	8553	38.51	-82.51	0.0	0.0	0.0	3.29
ECUASA	8554	38.59	-82.57	0.0	0.0	0.0	3.27
ECUASA	8555	38.59	-82.51	0.0	0.0	0.0	3.27
ALMORIVA	8556	40.23	-81.56	0.0	0.0	0.0	3.27
ALMORIVA	8557	40.11	-82.59	0.0	0.0	0.0	3.27
SANTOS	8558	40.33	-81.15	0.0	0.0	0.0	3.27
SANTOS	8559	40.13	-81.55	0.0	0.0	0.0	3.27
COLLADO SAJO	8560	39.42	-82.27	0.0	0.0	0.0	3.27
WJON ALTO	8561	39.57	-82.04	0.0	0.0	0.0	3.27
VALAYELU	8562	39.37	-81.59	0.0	0.0	0.0	3.27
CALLEJAS	8563	39.10	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
CARDEN	8564	39.24	-80.22	0.0	0.0	0.0	3.27
ESPADAN	8565	39.43	-81.22	0.0	0.0	0.0	3.27
PELACU	8566	41.42	-84.50	0.0	0.0	0.0	3.27
VILLAMUELA	8567	42.03	-84.18	0.0	0.0	0.0	3.27
VEGAPAJAR	8568	42.24	-84.11	0.0	0.0	0.0	3.27
CASTROVE	8569	42.37	-83.31	0.0	0.0	0.0	3.27
FIRO	8570	43.13	-82.31	0.0	0.0	0.0	3.27
CEDEIRA	8571	43.05	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
CUBA	8572	42.21	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
MEBA	8573	42.12	-81.58	0.0	0.0	0.0	3.27
UNICALVO	8574	42.35	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
PAJAHU	8575	43.30	-81.20	0.0	0.0	0.0	3.27
PADEIRU	8576	43.28	-81.35	0.0	0.0	0.0	3.27
GISTRAL	8577	43.23	-81.57	0.0	0.0	0.0	3.27
PUBIA	8578	42.13	-81.56	0.0	0.0	0.0	3.27
CASAS VIEJAS	8579	43.24	-81.52	0.0	0.0	0.0	3.27
MIRAVALLS	8580	42.53	-81.57	0.0	0.0	0.0	3.27
MIRAVALLS	8581	43.14	-81.57	0.0	0.0	0.0	3.27
GAMMAL	8582	42.50	-81.52	0.0	0.0	0.0	3.27
VELILLA	8583	42.02	-81.51	0.0	0.0	0.0	3.27
VEGAS	8584	42.41	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
VEGAS	8585	42.45	-81.54	0.0	0.0	0.0	3.27
VILLAMUELA	8586	42.45	-81.54	0.0	0.0	0.0	3.27
VEGAS	8587	42.50	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
VEGAS	8588	42.54	-81.52	0.0	0.0	0.0	3.27
VALDECENILLAS	8589	41.07	-81.54	0.0	0.0	0.0	3.27
FLURES	8590	41.07	-81.54	0.0	0.0	0.0	3.27
CARBINERO	8591	41.30	-81.38	0.0	0.0	0.0	3.27
HAVA	8592	41.07	-81.38	0.0	0.0	0.0	3.27
COLGADIZOS	8593	41.26	-81.37	0.0	0.0	0.0	3.27
RUBIO	8594	41.55	-81.50	0.0	0.0	0.0	3.27
MEBA	8595	43.23	-81.17	0.0	0.0	0.0	3.27
CERREDO	8596	43.22	-81.46	0.0	0.0	0.0	3.27
SULLIBE	8597	43.09	-81.41	0.0	0.0	0.0	3.27
VALIENA	8598	43.02	-81.57	0.0	0.0	0.0	3.27
ARO	8599	43.02	-81.57	0.0	0.0	0.0	3.27

TABLA 9.7

RESULTADOS DE LA COMPENSACION

NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	U.D. GEODE	RES. TIPICA
UTERIS	8099	42.51	-2.52	2.0	0.0	0.0	0.27
AITZORRI	8100	42.58	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.25
BERTAIN	8101	42.52	-1.59	0.0	0.0	0.0	0.25
SAN MILLAN	8102	42.18	-3.32	0.0	0.0	0.0	0.25
YUNCA	8103	41.53	-3.40	0.0	0.0	0.0	0.25
MUDEJO	8104	41.23	-2.40	2.0	0.0	0.0	0.25
CODES	8105	42.14	-2.21	2.0	0.0	0.0	0.25
ALTO CRUZ	8106	41.40	-2.00	0.0	0.0	0.0	0.25
BIÑERA	8107	41.15	-2.10	2.0	0.0	0.0	0.25
TIERRA BLANCA	8108	40.45	-3.05	2.0	0.0	0.0	0.16
ESTERBA	8109	41.56	-0.57	0.0	0.0	0.0	0.25
YERGA	8110	42.39	-1.58	2.0	0.0	0.0	0.25
MOKAYO	8111	41.47	-1.50	2.0	0.0	0.0	0.25
VIGAS	8112	42.26	-1.29	2.0	0.0	0.0	0.25
HIGA	8113	42.42	-1.32	2.0	0.0	0.0	0.26
VIRGEN DE LA PERA	8114	42.42	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.25
SANTO LUNINGO	8115	42.27	-0.75	0.0	0.0	0.0	0.25
MUSILUJO	8116	42.21	-0.36	2.0	0.0	0.0	0.25
CILLANADA	8117	42.43	-0.31	2.0	0.0	0.0	0.25
SIVIL	8118	42.14	-0.31	0.0	0.0	0.0	0.25
SAN CAPRASIO	8119	41.43	-0.28	2.0	0.0	0.0	0.25
LENIDA	8120	41.57	0.38	2.0	0.0	0.0	0.25
MONSECH	8121	42.02	0.46	0.0	0.0	0.0	0.25
BUERO	8122	42.04	0.19	0.0	0.0	0.0	0.25
ANADRI	8123	42.17	-0.14	0.0	0.0	0.0	0.25
SAN GERVAS	8124	42.17	0.50	2.0	0.0	0.0	0.25
OSCOLLET	8125	42.07	1.16	0.0	0.0	0.0	0.25
YERGA	8126	42.50	1.32	0.0	0.0	0.0	0.25
RUZ CORVA	8127	42.24	2.21	0.0	0.0	0.0	0.25
RECALAN	8128	42.04	2.23	0.0	0.0	0.0	0.25
SALINAS	8129	42.04	2.23	0.0	0.0	0.0	0.25
PAGUERA	8130	42.08	1.47	0.0	0.0	0.0	0.25
ATALAYA	8131	39.45	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.25
JAVANABRE	8132	40.04	-1.01	0.0	0.0	0.0	0.25
DESIERTO	8133	40.05	0.00	0.0	0.0	0.0	0.14
MONTSIA	8134	40.37	0.32	2.0	0.0	0.0	0.27
FANGAL	8135	40.46	0.48	0.0	0.0	0.0	0.27
PENAGLOSA	8136	40.13	-0.20	2.0	0.0	0.0	0.24
PERARROYA	8137	38.19	-5.17	0.0	0.0	0.0	0.29
ENCANADA	8138	40.43	0.08	0.0	0.0	0.0	0.26
LLAVERIA	8139	41.06	0.52	0.0	0.0	0.0	0.25
MONTIEGRE	8140	41.24	0.18	0.0	0.0	0.0	0.25
PURBURELL	8141	41.26	-0.16	0.0	0.0	0.0	0.25
SILLERO	8142	41.30	-0.50	0.0	0.0	0.0	0.24
PALOMERA	8143	40.36	-1.12	0.0	0.0	0.0	0.24
SAN JUST	8144	40.46	-0.48	2.0	0.0	0.0	0.25
AGUILA	8145	40.52	-1.46	0.0	0.0	0.0	0.25
SIERRA ALTA	8146	40.50	-1.46	0.0	0.0	0.0	0.24
ANAGNCILLO	8147	40.57	-2.32	0.0	0.0	0.0	0.24
PANTORRILLAS	8148	41.07	0.06	0.0	0.0	0.0	0.26

TABLA 9.7

RESULTADOS DE LA COMPENSACION •

NUMERO	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	CAO. GENI. XE	RES. TÍPICA
MONTAGUT	8150	41.24	-1.25	0.0	0.0	0.0	3.24
MUSARA	8151	41.16	1.03	0.0	0.0	0.0	3.23
MORELLA	8152	41.18	1.55	0.0	0.0	0.0	3.29
MUNT JUMC	8153	41.22	2.10	0.0	0.0	0.0	3.29
MUNTSERRAT	8154	41.36	1.49	0.0	0.0	0.0	3.27
MAYAS	8155	41.30	2.16	0.0	0.0	0.0	3.24
CADIRETAS	8156	41.43	2.56	0.0	0.0	0.0	3.28
SANTA CATALINA	8157	42.04	3.37	0.0	0.0	0.0	3.29
ALJIBE	8158	36.31	-5.36	0.0	0.0	0.0	3.26
MIJAS	8159	36.37	-5.39	0.0	0.0	0.0	3.26
VEJER	8160	36.15	-5.38	0.0	0.0	0.0	3.26
GITANO	8161	36.10	-5.30	0.0	0.0	0.0	3.24
UBRIA	8162	37.11	-6.37	0.0	0.0	0.0	3.24
TORREBREA	8164	36.43	-6.22	0.0	0.0	0.0	3.27
NAVAS CRICAS	8165	36.51	-5.49	0.0	0.0	0.0	3.19
LAGOA	8166	43.33	-8.14	0.0	0.0	0.0	3.19
FEHAS	4001	43.39	-5.51	0.0	0.0	0.0	3.19
SAND	4182	43.19	-2.90	0.0	0.0	0.0	3.19
SAN VICENTE	4010	42.01	-3.53	0.0	0.0	0.0	3.27
QUINTANILLA	4047	42.13	-3.52	0.0	0.0	0.0	3.13
MONTEGRO	4112	42.04	-4.52	0.0	0.0	0.0	3.23
ALGENIA	4117	41.43	-4.53	0.0	0.0	0.0	3.26
SALOU	4216	41.43	-4.53	0.0	0.0	0.0	3.19
RODOS	4225	41.51	-5.07	0.0	0.0	0.0	3.26
CORRAL	4213	40.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	3.27
CASAR	4252	40.41	-5.24	0.0	0.0	0.0	3.18
ALTOS GALAPAGAR	3055	40.33	-3.58	0.0	0.0	0.0	3.18
JAVILON	4155	40.14	-4.25	0.0	0.0	0.0	3.14
MONTANCHEZ	4323	39.12	-4.07	0.0	0.0	0.0	3.14
PALO	4370	38.59	-3.58	0.0	0.0	0.0	3.30
CARGHE	4127	38.25	-3.10	0.0	0.0	0.0	3.19
MONTGORDO	4085	37.19	-7.24	0.0	0.0	0.0	3.34
SAN FERNANDO	4038	36.24	-6.12	0.0	0.0	0.0	3.14
BAROS	4100	36.42	-2.50	0.0	0.0	0.0	3.28
CHICLANA	5001	38.18	-3.05	0.0	0.0	0.0	3.19
GRANADA	5302	37.10	-3.36	0.0	0.0	0.0	3.18
SANTO PITAR	4296	36.48	-4.17	0.0	0.0	0.0	3.19
MAESTRE	1529	37.13	-5.12	0.0	0.0	0.0	3.18
CEJO	1031	37.32	-6.23	0.0	0.0	0.0	3.29
INJURIAS	1812	36.31	-5.09	0.0	0.0	0.0	3.28
GRAJALES	5003	37.52	-3.58	0.0	0.0	0.0	3.29
PORTILLO	5004	41.29	-4.35	0.0	0.0	0.0	3.27
ABANCOS	5005	41.23	-2.58	0.0	0.0	0.0	3.24
CUATRO MOLCHES	5006	41.17	-1.50	0.0	0.0	0.0	3.23
MONTEAR	4211	41.38	-1.14	0.0	0.0	0.0	3.23
LATORERO	5007	42.41	-3.32	0.0	0.0	0.0	3.26
TALCHES	4171	43.33	-5.24	0.0	0.0	0.0	3.28
PALANCA	4170	43.32	-6.21	0.0	0.0	0.0	3.28
NIJA	5008	39.30	-2.51	0.0	0.0	0.0	3.27
BARREROS	4121	38.58	-2.50	0.0	0.0	0.0	3.28

TABLA 9.7

RESULTADOS DE LA COMPETENCIA									
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	GRAD. GEODE	DES. TIPICA		
MILUEGO	4242	39.29	-1.27	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
MINTALVOS	5009	40.56	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
ALMEIANA	4221	41.43	1.04	0.0	0.0	0.0	0.27	0.27	0.27
MIESCA	5010	42.08	-0.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
SAN MARTIN	4232	42.34	-1.26	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
RIENVENIDA	6001	40.34	-2.21	0.0	0.0	0.0	0.18	0.18	0.18
ONTALVILLA	6002	41.22	-2.31	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
AYEDO	6003	42.04	-2.17	0.0	0.0	0.0	0.14	0.14	0.14
V-2	7002	38.02	-5.34	0.0	0.0	0.0	0.28	0.28	0.28
V-3	7003	38.03	-5.28	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-4	7004	38.06	-5.48	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-5	7005	38.03	-5.43	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-6	7006	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.31	0.31	0.31
V-7	7007	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-8	7008	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-9	7009	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-10	7010	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-11	7011	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-12	7012	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-13	7013	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-14	7014	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-15	7015	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-16	7016	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-17	7017	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-18	7018	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-19	7019	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-20	7020	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-21	7021	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-22	7022	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-23	7023	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-24	7024	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-25	7025	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-26	7026	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-27	7027	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-28	7028	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-29	7029	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-30	7030	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-31	7031	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-32	7032	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-33	7033	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-34	7034	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-35	7035	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-36	7036	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-37	7037	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-38	7038	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-39	7039	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-40	7040	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-41	7041	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-42	7042	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-43	7043	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-44	7044	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-45	7045	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-46	7046	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-47	7047	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-48	7048	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-49	7049	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-50	7050	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-51	7051	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-52	7052	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-53	7053	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-54	7054	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-55	7055	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-56	7056	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-57	7057	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-58	7058	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-59	7059	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-60	7060	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-61	7061	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-62	7062	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-63	7063	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-64	7064	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-65	7065	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-66	7066	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-67	7067	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-68	7068	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-69	7069	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-70	7070	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-71	7071	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-72	7072	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-73	7073	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-74	7074	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-75	7075	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-76	7076	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-77	7077	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-78	7078	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-79	7079	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-80	7080	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-81	7081	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-82	7082	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-83	7083	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-84	7084	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-85	7085	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-86	7086	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-87	7087	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-88	7088	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-89	7089	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-90	7090	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-91	7091	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-92	7092	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-93	7093	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-94	7094	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-95	7095	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-96	7096	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-97	7097	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-98	7098	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-99	7099	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23
V-100	7100	38.49	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.23	0.23	0.23

TABLA 9.7

[illegible]

TABLA 9.8

N.OBS	NPE	NPV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	D.O(1)	PESO	CLAVE
1	4164	4001	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
2	4164	4048	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
3	4164	4044	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	101.00	2
4	4048	4044	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
5	4048	4001	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
6	4044	4041	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	103.00	2
7	4044	4047	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
8	4044	4035	3.3	3.0	0.0	0.0	3.0	103.00	2
9	4044	4047	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
10	4001	4047	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
11	4047	4182	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
12	4047	4182	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
13	4047	4001	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
14	4047	4001	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
15	4047	4035	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
16	4182	4118	0.3	3.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
17	4182	4303	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
18	4003	4001	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
19	4003	4009	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
20	4003	4118	3.3	0.0	0.0	3.3	3.0	100.00	2
21	4003	4127	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
22	4118	4269	3.3	3.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
23	4118	4269	3.3	3.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
24	4118	4009	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
25	4127	4269	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
26	4269	4009	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
27	4269	4133	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
28	4049	4133	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
29	4009	4132	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
30	4009	4031	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
31	4001	4132	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
32	4001	4178	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
33	4132	4178	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
34	4001	4035	0.3	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
35	4001	4070	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
36	4001	4178	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
37	4035	4041	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
38	4035	4023	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
39	4035	4070	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
40	4041	4023	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
41	4023	4045	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
42	4023	4129	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
43	4023	4070	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
44	4070	4178	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
45	4070	4031	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
46	4132	4178	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
47	4132	4178	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
48	4132	4126	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
49	4132	4126	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2
50	4178	4126	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	100.00	2

TABLA 9.9

N.OBS	N.PE	N.PV	PSI(1)	ETA(1)	PSI(2)	ETA(2)	JUD(1)	PESD	CLAVE
31	8178	8022	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0	100.00	2
32	8178	5001	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
33	8178	8020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
34	4096	8020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
35	8426	8022	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	100.00	2
36	8022	8020	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
37	5001	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
38	5001	8020	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
39	5001	1829	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
40	1829	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
41	1829	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
42	4096	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
43	4096	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2
44	4096	4096	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.00	2

TABLA 9.9

RESULTADOS DE LA COMPENSACION *									
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	MOJA	ETA	MOJGEIDE	DES. TIPICA	
LAGOA	4164	43.23	-8.14	3.0	0.0	0.0	0.2	3.07	3.07
CASTRUE	8068	42.28	-8.91	3.0	0.0	0.0	0.0	3.04	3.04
CUENTES	8064	41.43	-5.30	3.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
PENAS	4301	43.39	-5.31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
LAJITAS	8087	43.40	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
GUINAMILLA	4167	42.13	-2.32	3.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.06
PAGO	4142	42.13	-2.32	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
AYERO	4103	42.04	-0.17	3.0	0.0	0.0	0.0	3.03	3.03
SIVIL	8111	42.04	-0.17	3.0	0.0	0.0	0.0	3.06	3.06
ROCA CORVA	8127	42.04	2.41	3.0	0.0	0.0	0.0	3.08	3.08
SALOU	4269	41.03	1.12	3.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.06
HOSPITALVOS	5009	40.54	-0.30	3.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
BIENVENIDA	4001	40.34	-2.21	3.0	0.0	0.0	0.0	0.04	0.04
JAVELON	6152	40.14	-1.25	3.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
ALTOS GALAPAGAR	3755	40.33	-3.58	3.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.03
MONTANCHEZ	4023	39.12	-6.07	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
BERZOSA	8041	40.52	-6.31	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
PALO	4370	38.59	-3.18	3.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.03
CINCHILLA	4178	38.55	-1.40	3.0	0.0	0.0	0.0	3.04	3.04
DESIERTO	9133	40.05	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.03
SANTO PITAR	4096	36.48	-6.17	3.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.06
MUNGO	8624	38.48	0.07	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
SANCTI SPIRITUS	8722	37.26	-0.51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
CHICLANA	5201	38.18	-3.05	3.0	0.0	0.0	0.0	0.05	0.05
MAESTRE	1329	37.15	-5.12	3.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.03
MUNTEGORDO	4085	37.19	-7.24	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
SAN FERNANDO	4038	36.28	-6.12	3.0	0.0	0.0	0.0	0.07	0.07
ROLDAN	4020	36.56	-2.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.06	0.06

TABLA 9.10

ERRORES MEDIOS CUADRÁTICOS DE LAS OBSERVACIONES

N.º OBS	N.º E	N.º V	DIFERENCIA UNDULACION CALCULADA	DIFERENCIA UNDULACION COMPENSADA	DIFERENCIA	•	PIEZA	1	E. M. C. DE LA OBSERVACION
1	4184	4031	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
2	4184	4068	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
3	4184	4044	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
4	4084	4044	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
5	4044	4001	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
6	4044	4011	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
7	4044	4017	0.0	0.0	0.0		100.00		0.03
8	4044	4033	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
9	4044	4017	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
10	4001	4037	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
11	4037	4047	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
12	4037	4182	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
13	4037	4003	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
14	4037	4003	0.0	0.0	0.0		100.00		0.06
15	4037	4001	0.0	0.0	0.0		100.00		0.06
16	4037	4033	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
17	4182	4118	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
18	4182	4003	0.0	0.0	0.0		100.00		0.03
19	4003	4001	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
20	4003	4009	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
21	4003	4118	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
22	4118	4127	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
23	4118	4289	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
24	4118	4289	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
25	4127	4289	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
26	4289	4289	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
27	4289	4133	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
28	4289	4133	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
29	4289	4132	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
30	4289	4132	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
31	4001	4127	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
32	4001	4178	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
33	4132	4178	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
34	4001	4070	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
35	4001	4178	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
36	4001	4070	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
37	4033	4041	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
38	4033	4023	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
39	4033	4070	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
40	4033	4083	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
41	4033	4083	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
42	4033	4023	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
43	4033	4070	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
44	4070	4178	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
45	4070	4001	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
46	4070	4133	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
47	4133	4133	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
48	4133	4178	0.0	0.0	0.0		100.00		0.04
49	4133	4224	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07
50	4178	4224	0.0	0.0	0.0		100.00		0.07

TABLA 9.11

N.º OBS	ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LAS OBSERVACIONES					HOJA 2	E.M.C. DE LA OBSERVACION
	NPE	NPV	DIFERENCIA ONDULACION CALCULADA	DIFERENCIA ONDULACION COMPENSADA	DIFERENCIA	PESO DE LA OBSERVACION	
51	8178	8022	0.0	0.0	0.0	100.00	3.07
52	8178	8031	0.0	0.0	0.0	100.00	0.04
53	8178	8020	0.0	0.0	0.0	100.00	0.04
54	8096	8020	0.0	0.0	0.0	100.00	3.07
55	8026	8022	0.0	0.0	0.0	100.00	0.04
56	8022	8022	0.0	0.0	0.0	100.00	0.04
57	8001	8036	0.0	0.0	0.0	100.00	3.07
58	8001	8020	0.0	0.0	0.0	100.00	0.07
59	8001	8029	0.0	0.0	0.0	100.00	3.04
60	8029	8036	0.0	0.0	0.0	100.00	0.04
61	8029	8035	0.0	0.0	0.0	100.00	0.07
62	8043	8038	0.0	0.0	0.0	100.00	3.08
63	8043	8038	0.0	0.0	0.0	100.00	3.08
64	8038	8096	0.0	0.0	0.0	100.00	3.08

TABLA 9.11

NÚM.	ERRORES MEDIOS CUADRÁTICOS DE LOS RESIDUALES				E.M.C. DEL RESIDUO	HOJA 1	PARÁMETROS DE FIABILIDAD			
	NºE	NºV	RESIDUO SIN PONDERAR	DESVIACIÓN TÍPICA A PRIORI			RESIDUO TÍPICO	Nº	RA	Nº
1	4164	4001	0.0	0.10	0.06	0.0	0.0	0.67	4.86	5.96
2	4164	4001	0.0	0.10	0.04	0.0	0.0	0.83	7.69	9.63
3	4164	4004	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.90	3.41	4.84
4	4068	4044	0.0	0.10	0.06	0.0	0.0	0.66	4.81	5.71
5	4044	4001	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.50	3.41	4.84
6	4044	4041	0.0	0.10	0.09	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
7	4044	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
8	4044	4055	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
9	4044	4087	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
10	4001	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
11	4087	4057	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
12	4087	4033	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
13	4087	4033	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
14	4087	4033	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
15	4087	4001	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
16	4087	4033	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
17	4162	4114	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
18	4162	4001	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
19	4001	4001	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
20	4001	4009	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
21	4001	4114	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
22	4114	4114	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
23	4114	4087	0.0	0.10	0.07	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
24	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
25	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
26	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
27	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
28	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
29	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
30	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
31	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
32	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
33	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
34	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
35	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
36	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
37	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
38	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
39	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
40	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
41	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
42	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
43	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
44	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
45	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
46	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
47	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
48	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
49	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31
50	4114	4087	0.0	0.10	0.08	0.0	0.0	0.23	1.87	3.31

TABLA 9.12

ERRORES MEDIOS CUADRATICOS DE LOS RESIDUALES									
N.OBS	MPE	MPV	RESIDUO SIN PODERAR	DESV.TIPICA A PRIORI	E.M.C. DEL RESIDUO	HOJA 2		PARAMETROS DE FIABILIDAD	
						RESIDUO TIPIFICADO	MB	RA	SB
31	8178	4022	3.0	0.10	3.07	0.0	0.43	3.14	4.46
32	8178	5001	3.0	0.10	0.08	0.0	0.32	2.36	4.17
33	8178	4020	3.0	0.10	0.04	0.0	0.37	2.46	4.24
34	4076	4020	3.0	0.10	3.07	0.0	0.30	3.44	4.46
35	4076	4022	3.0	0.10	3.06	0.0	0.47	4.86	5.96
36	4076	4020	3.0	0.10	0.06	0.0	0.38	4.07	3.33
37	5001	4020	3.0	0.10	3.07	0.0	0.43	3.11	4.46
38	5001	4020	3.0	0.10	3.07	0.0	0.37	2.11	4.46
39	5001	1429	3.0	0.10	0.04	0.0	0.32	2.36	4.17
40	1429	4094	3.0	0.10	0.04	0.0	0.32	2.36	4.17
41	1429	4034	3.0	0.10	0.07	0.0	0.30	3.44	4.46
42	1429	4043	3.0	0.10	0.07	0.0	0.30	3.44	4.46
43	4043	4038	3.0	0.10	3.06	0.0	0.47	4.86	5.96
44	4038	4094	3.0	0.10	3.06	0.0	0.38	4.07	3.33

***** FIABILIDAD TOTAL ***** 0.44

TABLA 9.12

RESULTADOS DE LA COMPENSACION							HOJA 1
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	C.D.GE.JICE	RES. ESTADISTICA
MINQUE	8001	37.03	-6.39	0.0	0.0	0.0	1.26
SIERRA VIEJA	8002	37.39	-6.31	0.0	0.0	0.0	0.07
LAS CUERTAS	8003	38.29	-6.33	0.0	0.0	0.0	0.07
GILSTEIN	8004	38.55	-6.39	0.0	0.0	0.0	0.07
CHIRAMA	8005	39.59	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.07
PIÑAR	8006	38.26	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.07
QUEVAS ALTAS	8007	38.94	-6.32	0.0	0.0	0.0	1.03
ARBOL	8008	37.59	-6.44	0.0	0.0	0.0	1.06
BIENVENIDA	8009	38.16	-6.39	0.0	0.0	0.0	1.04
PARAPANHA	8010	37.18	-6.35	0.0	0.0	0.0	1.03
CONJUNJOS	8011	36.45	-6.31	0.0	0.0	0.0	1.07
JUJO	8012	38.34	-6.31	0.0	0.0	0.0	1.06
ESTRELLA	8013	39.23	-6.36	0.0	0.0	0.0	1.06
MAGINA	8014	37.43	-6.27	0.0	0.0	0.0	1.06
SANTA BARBARA	8015	37.22	-6.30	0.0	0.0	0.0	1.07
PEREA	8016	37.35	-6.30	0.0	0.0	0.0	1.07
TETICA	8017	37.15	-6.26	0.0	0.0	0.0	1.07
GIGANTE	8018	37.50	-6.00	0.0	0.0	0.0	1.07
MCALDAN	8019	37.50	-6.00	0.0	0.0	0.0	1.07
TENERIFE	8020	36.56	-6.07	0.0	0.0	0.0	1.07
SANCTI SPIRITUS	8021	37.17	-6.44	0.0	0.0	0.0	1.07
DUITRE	8022	37.36	-6.31	0.0	0.0	0.0	1.07
SANTA POLA	8023	38.09	-6.34	0.0	0.0	0.0	1.07
RUBLE	8024	38.12	-6.31	0.0	0.0	0.0	1.07
ESPUGA	8025	38.40	-6.10	0.0	0.0	0.0	1.07
EBEA	8026	37.50	-6.20	0.0	0.0	0.0	1.07
MODIGO	8027	38.50	-6.35	0.0	0.0	0.0	1.07
CALLERA	8028	38.48	0.37	0.0	0.0	0.0	1.07
BUENAVISTA	8029	39.10	-6.10	0.0	0.0	0.0	1.07
JUEGO DE BLOCS	8030	39.32	-6.37	0.0	0.0	0.0	1.07
MARTE MAGAN	8031	39.12	-6.58	0.0	0.0	0.0	1.07
AMUROS NEGROS	8032	39.39	-6.34	0.0	0.0	0.0	1.07
CERVILES	8033	39.34	-6.08	0.0	0.0	0.0	1.07
MAGAREGA	8034	39.11	-6.32	0.0	0.0	0.0	1.07
JABARIEGA	8035	38.35	-6.18	0.0	0.0	0.0	1.07
SILLETA	8036	39.02	-6.44	0.0	0.0	0.0	1.07
SANTA BARBARA	8037	39.48	-6.24	0.0	0.0	0.0	1.07
SIERRA CURIA	8038	40.01	-6.02	0.0	0.0	0.0	1.07
FRANCIA	8039	40.31	-6.32	0.0	0.0	0.0	1.07
BERZOSA	8040	40.31	-6.10	0.0	0.0	0.0	1.07
DIEGO GOMEZ	8041	40.32	-6.31	0.0	0.0	0.0	1.07
CAREZA DEL MORNO	8042	40.35	-6.06	0.0	0.0	0.0	1.07
FUENTES	8043	41.05	-6.16	0.0	0.0	0.0	1.07
CASTILLEJO	8044	41.45	-6.29	0.0	0.0	0.0	1.07
PEDRO GOMEZ	8045	41.11	-6.29	0.0	0.0	0.0	1.07
CARRASCO	8046	39.25	-6.10	0.0	0.0	0.0	1.07
MINAVETE	8047	39.50	-6.48	0.0	0.0	0.0	1.07
	8048	39.43	-6.45	0.0	0.0	0.0	1.07

TABLA 9.13

RESULTADOS DE LA COMPENSACIÓN							HOJA 2
NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	DMO, GEODE	DES. TIPICA
VALDEGAMAS	8049	39.35	-4.05	0.0	0.0	0.3	0.06
CALITERO	8050	40.37	-2.36	0.0	0.0	0.3	0.06
VALDOWELD	8051	40.34	-2.36	0.0	0.0	0.0	0.06
ESQUE	8052	40.22	-2.37	0.0	0.0	0.0	0.06
BARRES	8053	38.51	-4.39	0.0	0.0	0.3	0.06
BARRES	8054	38.29	-3.27	0.0	0.0	0.0	0.06
GUILLINO	8055	39.45	-3.13	0.0	0.0	0.0	0.06
ALMODOVAR	8056	40.23	-3.36	0.0	0.0	0.3	0.06
ALTONIA	8057	40.11	-2.49	0.0	0.0	0.0	0.06
SANTIS	8058	40.30	-3.15	0.0	0.0	0.3	0.06
COLLADO BAJO	8059	40.10	-1.45	0.0	0.0	0.0	0.06
MOJON ALTO	8060	39.42	-2.27	0.0	0.0	0.0	0.06
TALAYUELO	8061	39.37	-2.04	0.0	0.0	0.3	0.06
CALLEJAS	8062	39.37	-1.49	0.0	0.0	0.0	0.06
CARDOCH	8063	39.10	-1.00	0.0	0.0	0.3	0.06
ESPADAN	8064	39.54	-0.22	0.0	0.0	0.0	0.06
PELLADO	8065	39.45	-1.22	0.0	0.0	0.3	0.06
VILLARUBIA	8066	41.42	-4.30	0.0	0.0	0.0	0.06
VEGAPAJAR	8067	42.08	-4.18	0.0	0.0	0.3	0.06
CASTROVE	8068	42.28	-4.51	0.0	0.0	0.0	0.06
FARO	8069	42.37	-7.33	0.0	0.0	0.0	0.06
CEDEIRA	8070	43.10	-4.31	0.0	0.0	0.0	0.06
COBA	8071	43.05	-7.30	0.0	0.0	0.0	0.06
MEDA	8072	42.21	-7.36	0.0	0.0	0.0	0.06
MONCALVO	8073	42.12	-6.48	0.0	0.0	0.0	0.06
PAJARO	8074	42.33	-7.08	0.0	0.0	0.3	0.06
PRADITINO	8075	43.30	-7.20	0.0	0.0	0.0	0.06
ESTRAL	8076	43.28	-7.25	0.0	0.0	0.0	0.06
CASAS VIEJAS	8077	43.13	-6.37	0.0	0.0	0.0	0.06
MORECHO	8078	43.13	-3.56	0.0	0.0	0.0	0.06
MIRAVALLS	8079	42.53	-3.07	0.0	0.0	0.0	0.06
GARDIAL	8080	43.15	-4.47	0.0	0.0	0.0	0.06
VELILLA	8081	43.14	-3.47	0.0	0.0	0.0	0.06
MARTORE	8082	43.50	-3.42	0.0	0.0	0.0	0.06
VEGAS	8083	43.02	-3.12	0.0	0.0	0.0	0.06
VILLANUEVA	8084	42.41	-3.20	0.0	0.0	0.0	0.06
ANAYA	8085	42.16	-4.40	0.0	0.0	0.0	0.06
LLATIAS	8086	43.40	-3.30	0.0	0.0	0.3	0.06
VALDECEBOLLAS	8087	42.40	-3.30	0.0	0.0	0.0	0.06
FLORES	8088	42.38	-3.22	0.0	0.0	0.0	0.06
CARRONERO	8089	40.36	-3.04	0.0	0.0	0.0	0.06
HAVA	8090	41.07	-4.16	0.0	0.0	0.0	0.06
COLGADIZOS	8091	41.30	-6.10	0.0	0.0	0.0	0.06
RUBIO	8092	41.07	-3.38	0.0	0.0	0.0	0.06
BREDA	8093	41.26	-3.47	0.0	0.0	0.0	0.06
CERRERO	8094	41.53	-4.00	0.0	0.0	0.0	0.06
SOLLUBE	8095	43.23	-3.17	0.0	0.0	0.0	0.06
VALNERA	8096	43.22	-2.46	0.0	0.0	0.0	0.06
AND	8097	43.09	-3.41	0.0	0.0	0.0	0.06
AND	8098	43.02	-3.07	0.0	0.0	0.0	0.06

TABLA 9.13

RESULTADOS DE LA CUMPLENCIÓN

NOMBRE	NÚMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	UNO. SECIDE	DES. TIPICA
OTEROS	8099	42.31	-2.32	0.0	0.0	0.0	0.04
ATIZGOMI	8100	42.30	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.04
BERIAIN	8101	42.33	-1.59	0.0	0.0	0.0	0.04
SAN MILLAN	8102	42.16	-3.12	0.0	0.0	0.0	0.04
PONCEA	8103	42.38	-3.33	0.0	0.0	0.0	0.04
HINDEJO	8104	41.40	-2.40	0.0	0.0	0.0	0.03
CODES	8105	42.38	-2.21	0.0	0.0	0.0	0.03
ALTO CRUZ	8106	41.40	-2.00	0.0	0.0	0.0	0.03
BIJENA	8107	41.15	-2.10	0.0	0.0	0.0	0.03
TIERRA BLANCA	8108	43.45	-3.35	0.0	0.0	0.0	0.04
ESTEBAN	8109	41.36	-0.37	0.0	0.0	0.0	0.04
TERGA	8110	42.09	-1.36	0.0	0.0	0.0	0.05
MUCAYO	8111	41.47	-1.30	0.0	0.0	0.0	0.05
VIGAS	8112	42.26	-1.29	0.0	0.0	0.0	0.06
VIGAS	8113	42.42	-1.32	0.0	0.0	0.0	0.06
VIGAS DE LA PEÑA	8114	42.42	-1.30	0.0	0.0	0.0	0.06
SANTO DOMINGO	8115	42.27	-0.35	0.0	0.0	0.0	0.06
PUEBLITO	8116	42.21	-0.34	0.0	0.0	0.0	0.07
CULLARADA	8117	42.21	-0.28	0.0	0.0	0.0	0.07
SIVIL	8118	42.12	-0.01	0.0	0.0	0.0	0.06
SAN CAPRASIO	8119	41.43	-0.21	0.0	0.0	0.0	0.06
LERIDA	8120	41.37	-0.38	0.0	0.0	0.0	0.07
MONSECH	8121	42.02	0.44	0.0	0.0	0.0	0.07
BUIERO	8122	42.04	0.19	0.0	0.0	0.0	0.04
ANADOR	8123	42.04	-0.16	0.0	0.0	0.0	0.04
SAN GERVAS	8124	42.19	0.30	0.0	0.0	0.0	0.04
COSCOLLET	8125	42.07	1.16	0.0	0.0	0.0	0.07
PINOS	8126	41.30	1.32	0.0	0.0	0.0	0.07
ROCA CORVA	8127	42.04	2.41	0.0	0.0	0.0	0.07
SE CALM	8128	42.08	2.23	0.0	0.0	0.0	0.08
SALINAS	8129	42.36	2.43	0.0	0.0	0.0	0.10
PASQUERA	8130	42.08	1.47	0.0	0.0	0.0	0.08
ATALAYA	8131	39.49	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.04
JAVAHAMRE	8132	43.04	-1.01	0.0	0.0	0.0	0.04
DESIENTO	8133	43.03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.05
MONTISA	8134	43.37	0.32	0.0	0.0	0.0	0.05
FANGAL	8135	43.46	0.48	0.0	0.0	0.0	0.07
PERAGLOSA	8136	43.13	-0.20	0.0	0.0	0.0	0.04
PERANNOYA	8137	38.19	-3.17	0.0	0.0	0.0	0.07
ENCAMADA	8138	40.43	0.09	0.0	0.0	0.0	0.04
MONTEBARE	8139	41.06	0.32	0.0	0.0	0.0	0.04
MONTURE	8140	41.24	0.48	0.0	0.0	0.0	0.04
PURIBELL	8141	41.30	-0.16	0.0	0.0	0.0	0.04
SILLERO	8142	40.30	-1.12	0.0	0.0	0.0	0.05
PALOMERA	8143	40.34	-1.12	0.0	0.0	0.0	0.05
SAN JUST	8144	40.44	-1.44	0.0	0.0	0.0	0.04
AGUILA	8145	40.32	-1.44	0.0	0.0	0.0	0.04
SIERRA ALTA	8146	40.30	-1.44	0.0	0.0	0.0	0.04
ARAGONCILLO	8147	40.30	-2.02	0.0	0.0	0.0	0.04
PANTORILLAS	8148	40.37	-2.02	0.0	0.0	0.0	0.04
	8149	41.07	0.06	0.0	0.0	0.0	0.07

TABLA 9.13

RESULTADOS DE LA COMPUENSACION							ETA	CVD.GENIDE	DES.TIPICA
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	CVD.GENIDE			
MONTAGUT	8150	41.24	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MUSARA	8151	41.16	1.03	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MORELLA	8152	41.18	1.55	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MONTJUMIC	8153	41.22	2.10	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MONTSEMAT	8154	41.36	1.49	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MATAS	8155	41.30	2.16	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CADIRETAS	8156	41.45	2.56	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SANTA CATALINA	8157	42.06	3.07	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
ALJEE	8158	38.51	-5.36	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MIJAS	8159	38.37	-4.39	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
VEJER	8160	38.15	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
GITANO	8161	38.10	-3.50	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
UMBRIA	8162	37.11	-4.57	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
TURREBREA	8163	36.43	-6.22	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MAYAS CHICAS	8164	36.31	-5.49	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
LEGOA	8165	41.35	-1.54	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
HERNANDEZ	8166	41.19	-2.60	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
FARO	8167	42.01	-5.23	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SAN VICENTE	8168	42.13	-5.52	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
QUINTANILLA	8169	42.04	-1.22	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
LINA NEGRA	8170	41.40	-0.03	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SIGENIA	8171	41.03	1.10	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SALOU	8172	41.51	2.07	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
RODUS	8173	42.49	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CORRAL	8174	42.41	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CASAR	8175	42.33	-5.26	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
ALTOS GALAPAGAR	8176	42.16	-1.25	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
JAVALON	8177	38.12	-6.07	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MONTANCHEZ	8178	38.59	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
PALO	8179	38.25	-1.10	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CARCHE	8180	37.19	-7.24	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MONTGORDO	8181	36.28	-6.12	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SAN FERNANDO	8182	36.42	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
BARDIS	8183	38.18	-3.05	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CHICLANA	8184	37.10	-3.36	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
GRANADA	8185	36.48	-4.17	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
SANTO PITAR	8186	37.15	-5.12	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MAESTRE	8187	38.31	-5.09	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CEJO	8188	37.52	-3.58	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
INJUNIAS	8189	41.59	-1.54	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
GRANALLES	8190	41.52	-1.54	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
PORTILLO	8191	41.38	-1.14	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
AMANCOR	8192	42.41	-5.32	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
CUATRO MOLINOS	8193	42.41	-5.32	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MONTOLAR	8194	43.35	-3.24	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
LATORERO	8195	43.32	-4.21	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
TALONAS	8196	39.30	-2.51	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
MUTA	8197	38.58	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07
BARRERUS	8198	38.58	-2.50	0.0	0.0	0.0	0.03	0.04	0.07

TABLA 9.13

RESULTADOS DE LA COMPENSACION						NOJA	ETA	UNO, GEODE	DES., TIPICA
NOMBRE	NUMERO	LATITUD	LONGITUD	PSI	ETA	UNO, GEODE	DES., TIPICA		
MOLLEND	4242	39.29	-1.27	0.0	0.0	0.0	0.03		
MONTALVOS	5009	40.56	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.04		
AMATE,ARA	4221	41.43	1.04	0.0	0.0	0.0	0.07		
MUESCA	5010	42.08	-0.24	0.0	0.0	0.0	0.04		
SAN CARLOS,HE	4232	42.34	-1.56	0.0	0.0	0.0	0.05		
BIENVENIDA	6001	40.34	-2.21	0.0	0.0	0.0	0.03		
DNTALVILLA	6002	41.22	-2.31	0.0	0.0	0.0	0.05		
AYEDO	6703	42.04	-2.17	0.0	0.0	0.0	0.04		
V42	7002	36.02	-5.34	0.0	0.0	0.0	0.07		
V43	7003	36.03	-5.28	0.0	0.0	0.0	0.04		
V49	7009	36.06	-5.48	0.0	0.0	0.0	0.07		
V410	7010	36.05	-5.43	0.0	0.0	0.0	0.04		
S24	7004	35.47	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.03		
S25	7005	35.49	-5.21	0.0	0.0	0.0	0.08		
S22	7003	35.51	-5.24	0.0	0.0	0.0	0.08		
S27	7006	35.51	-5.17	0.0	0.0	0.0	0.08		
S28	7008	35.55	-5.17	0.0	0.0	0.0	0.08		
PARAMO	8188	42.48	-7.30	0.0	0.0	0.0	0.04		
GANDAL	8183	43.14	-5.37	0.0	0.0	0.0	0.07		
LAJU	8243	43.30	-6.10	0.0	0.0	0.0	0.07		
GUAYIA	8183	42.20	-4.20	0.0	0.0	0.0	0.06		
LOBON	8180	38.51	-4.37	0.0	0.0	0.0	0.04		
SANTA INES	8179	38.32	-4.37	0.0	0.0	0.0	0.04		
VALDITA	8184	41.57	-5.30	0.0	0.0	0.0	0.05		
VENTA DEL PUERTO	8173	38.11	-4.31	0.0	0.0	0.0	0.04		
HAMAPESA	8173	37.03	-5.46	0.0	0.0	0.0	0.07		
LA PIATADA	8172	36.53	-4.35	0.0	0.0	0.0	0.04		
CANORRO	8172	36.54	-4.35	0.0	0.0	0.0	0.07		
DUGUE	8170	36.30	-5.00	0.0	0.0	0.0	0.07		
PAREDOES	8174	37.43	-4.23	0.0	0.0	0.0	0.04		
BLANQUILLA	8176	38.03	-2.32	0.0	0.0	0.0	0.07		
ALMENARAS	8177	38.30	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.04		
CHINCHILLA	8178	38.55	-1.40	0.0	0.0	0.0	0.04		
MINISTRA	8185	41.10	-2.20	0.0	0.0	0.0	0.05		
HEMERIA	8183	41.10	-2.16	0.0	0.0	0.0	0.06		

TABLA 9.13

PROYECTO GEODE

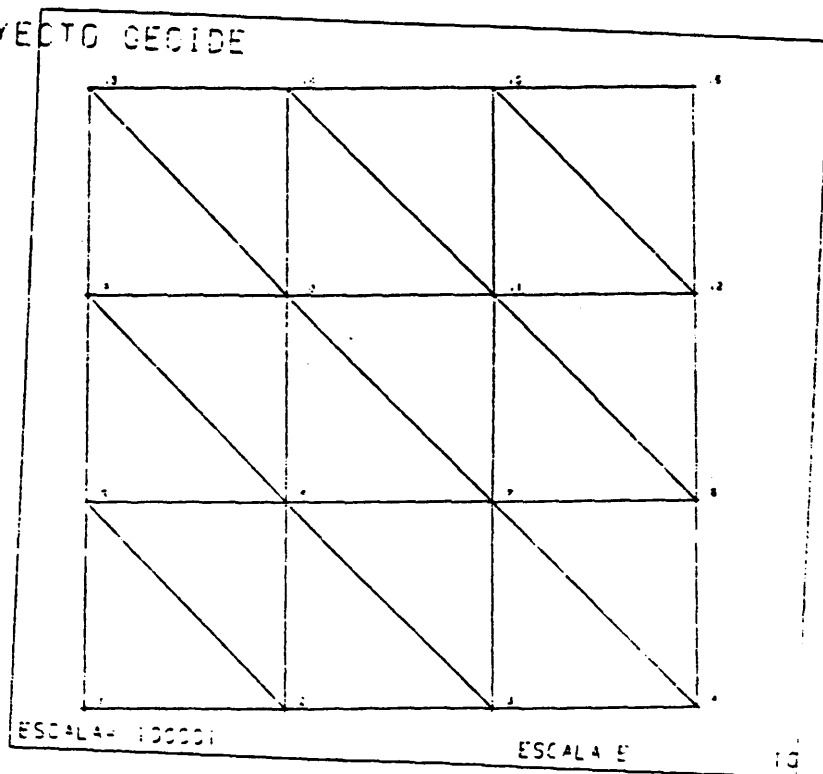
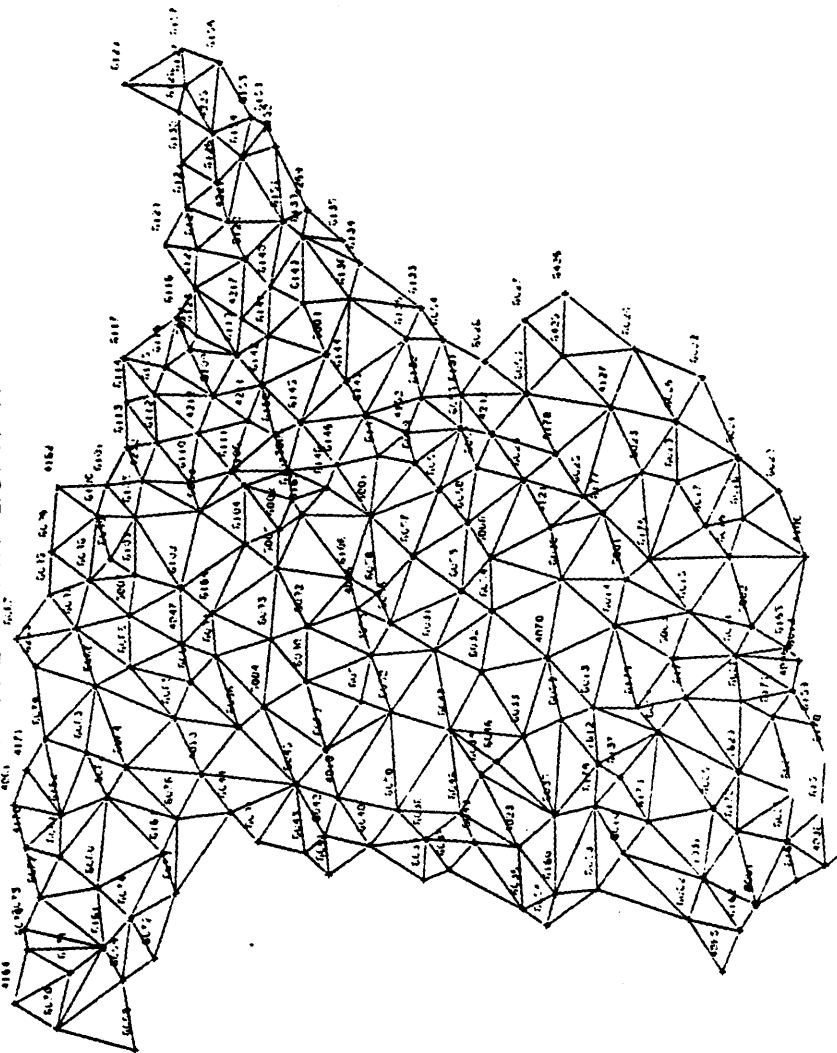


FIGURA 9.1

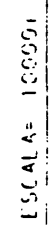
PROYECTO DE GEOIDE PARA ESPAÑA

000



000

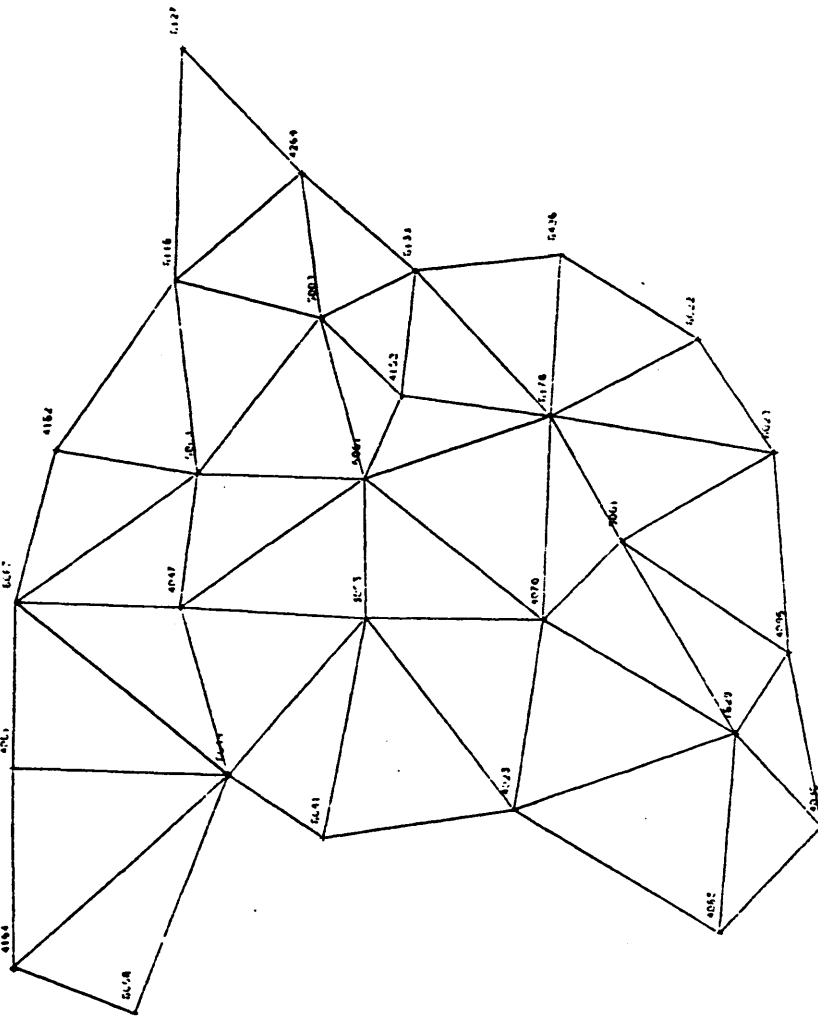
000



ESCALA E

C1

PROYECTO DE RED CPS PARA ESPAÑA



ESCALA= 10000:

ESCALA 1

10

FIGURA 9.4

CAPITULO 10

PROGRAMAS DE CALCULO AUTOMATICO.

En este capítulo se van a describir los distintos programas de cálculo utilizados en esta memoria. Los programas escritos en Fortran IV y desarrollados en el ordenador FACOM del I.G.N. se pueden resumir en :

- 1.- DOPPE1, DOPPE2. Determinan por mínimos cuadrados los parámetros de transformación entre dos sistemas de referencia, respecto de los cuales se conocen las coordenadas de una serie de puntos. El programa DOPPE1 utiliza el modelo de Bursa-Wolf y el programa DOPPE2 el de Badekas-Molodensky (Capítulo 2).
- 2.- PROGEO. Determinación del geoide mediante la aproximación lineal de Helmert, con compensación por mínimos cuadrados. El programa tiene la posibilidad de hacer simulaciones en base a configuraciones de la red astrogeodésica definidas de antemano. Está basado en la teoría desarrollada en los capítulos 3 y 4.
- 3.- GEOPOR1. Determinación del geoide por aproximación polinómica. El programa realiza el estudio de los posibles problemas de mal condicionamiento de la matriz normal del ajuste con el cálculo de los autovalores y autovectores de la matriz de varianzas-covarianzas de los parámetros a estimar. (Capítulo 5).
- 4.- INTDES. Programa para la interpolación de desviaciones de la vertical por predicción mínimo cuadrática, a partir de funciones de covarianza empíricas (Capítulo 6).
- 5.- INTGEO. Determinación del geoide por predicción mínimo cuadrática con funciones de covarianza determinadas empíricamente. (Capítulo 6).

6.- PROGCC1. Programa de compensación por el método de variación de coordenadas de redes geodésicas sobre el elipsoide de referencia por mínimos cuadrados.

7.- CORDVN. Determina la corrección por desviación de la vertical y ondulación del geoide de las observaciones angulares y de distancia.

8.- ABELI1. Programa para el dibujo de redes geodésicas.

10.1.- Programa DOPPEl

El programa DOPPEl escrito en Fortran IV, en aritmética de doble precisión, determina los parámetros de transformación entre dos sistemas de referencia geodésicos, conocidas las coordenadas respecto a ambos sistemas en un número de puntos que coinciden.

Se trabaja en un marco tridimensional y los parámetros de transformación son: Una traslación (dx, dy, dz), una rotación alrededor de los ejes (w_1, w_2, w_3) y un cambio de escala dL . Se utiliza el modelo de Bursa-Wolf y las fórmulas empleadas están dadas en el capítulo 2.

Las sentencias 2 a 5 dimensionan las variables, y los bloques COMMON se dan en las sentencias 6 a 11. Las sentencias 12 a 20 definen las variables siguientes,

JHK = variable entera de escritura

NTB = unidad de lectura

NTC = unidad de escritura

QH = factor de homogeneización

DERA = constante para la transformación de grados sexagesimales a radianes

PI = número PI

RALFA = coeficiente de regularización de Tijonov.

La lectura de los parámetros de los elipsoides asociados a ambos sistemas de referencia se hace con la sentencia

```
READ(NTB,400) NT,AD,ALFD,AG,ALFG
```

```
400 FORMAT(I2,2(F10.2,F7.3))
```

NT = contador (variable entera)

AD = semieje mayor del elipsoide en el sistema de referencia 1

ALFD = aplanamiento del elipsoide en el sistema de referencia 1
AG = semieje mayor del elipsoide en el sistema de referencia 2
ALFG = aplanamiento del elipsoide en el sistema de referencia 2.

Las sentencias 24 a 28 determinan las primeras excentricidades de ambos elipsoides, y las sentencias 29 a 32 escriben estos datos.

La sentencia 36 realiza la lectura de claves,

```
      READ(NTB,2111) NN1,NN2,NN3,NN4,NN5,JHK,JPQ,LORD
2111  FORMAT(8I1)
NN1 = 0  No se considera como incógnita el cambio de escala
      1  se considera como incógnita el cambio de escala
NN2 = 0  No se considera como incógnita la rotación sobre X
      1  Se considera como incógnita la rotación sobre X
NN3 = 0  No se considera como incógnita la rotación sobre Y
      1  se considera como incógnita la rotación sobre Y
NN4 = 0  No se considera como incógnita la rotación sobre Z
      1  se considera como incógnita la rotación sobre Z
NN5 = 0  No se considera como incógnita la traslación
      1  se considera como incógnita la traslación.
JHK = variable de escritura
      0  lectura de las coordenadas cartesianas en el sistema 1
JPQ =    y geodésicas en el sistema 2
      1  lectura de las coordenadas geodésicas en ambos sistemas
LORD = 0  Sistema de longitudes con origen en Greenwich
      1  Sistema de longitudes con origen Madrid.
```

La sentencia 38 realiza la lectura de los parámetros de tras-

lación aproximados.

```
      READ(NTB,8519) XO,YO,ZO
8519  FORMAT(3F10.2)
```

La sentencia 46 realiza la lectura de las coordenadas de los puntos en ambos sistemas de referencia (para JPQ = 0).

```
      READ(NTB,100) NP,X,Y,Z,LAGG,LAMG,SLAG,GMSLO,ONG
100  FORMAT(I4,3F12.3,2I2,F6.3,F11.3,F7.2)
```

NP = número del punto

X,Y,Z = coordenadas cartesianas del punto en el sistema 1

LAGG,LAMG,SLAG = latitud en grados, minutos y segundos del punto en el sistema 2

GMSLO = longitud en grados, minutos y segundos del punto en el sistema 2

ONG = altura sobre el elipsoide del punto en metros en el sistema 2.

Las sentencias 51 a 70, transforman las coordenadas geodésicas en cartesianas según las expresiones (1.1.2) y almacenan las coordenadas cartesianas en ambos sistemas en los vectores XD, YD, ZD para el sistema 1 y XG,YG,ZG para el sistema 2.

La sentencia 77 realiza la lectura de las coordenadas de ambos sistemas en geodésicas con el mismo significado anterior,

```
      READ(NTB,212) NP,LAG1,LAM1,SLA1,GMSLO1,OND1,LAG2,LAM2,SLA2,
GMSLO2,OND2
212  FORMAT(I5,2(I3,I2,F5.2,F11.2,F7.2))
```

Las sentencias 126 a 178 transforman las coordenadas geodésicas en cartesianas, almacenándolas en los vectores XD,YD,ZD,XG,YG,ZG, con el mismo significado anterior.

Las sentencias 126 a 178 calculan la matriz de coeficientes del ajuste A, según la formulación de Bursa-Wolf, dada en (2.1.1) a (2.1.5).

La sentencia 180 llama a la subrutina MIN11 para la resolución del sistema normal (2.1.6).

Si el sistema es singular, lo que sucede cuando no se considera alguno de los 7 parámetros que intervienen en la transformación la variable entera INMP toma el valor 1, y se procede a regularizar el sistema normal por el método de Tijonov, y a su resolución en el bucle que comprende las sentencias 183 a 189.

Las sentencias 190 a 193 calculan los valores de los parámetros que definen la transformación, la rotación en segundos sexagesimales y la escala en partes por millón.

Las sentencias 196 a 205 calculan los incrementos a sumar a las coordenadas en el sistema (1) para transformarlas al sistema (2), almacenando las coordenadas transformadas en los vectores XGG, YGG, ZGG, y las coordenadas (2) transformadas a (1) en XDD, YDD, ZDD.

Las sentencias 226 a 231 calculan la matriz de correlación del ajuste, y las sentencias 232 a 243 calculan la varianza y la desviación típica del ajuste, escribiendo los resultados.

Las sentencias 244 a 287 escriben las coordenadas iniciales y transformadas en ambos sistemas, tanto en cartesianas como en geodésicas.

La subrutina CAMCG transforma coordenadas cartesianas a geodésicas. Los parámetros de entrada son
A = semieje mayor del elipsoide de referencia

E = excentricidad del elipsoide de referencia

X,Y,Z = coordenadas cartesianas

Los parámetros de salida son

FI = latitud en radianes

RL = longitud en radianes

H = altura sobre el elipsoide en metros.

Las sentencias 296 a 299 determinan la longitud a partir de las coordenadas X,Y,Z, mediante

$$\lambda = \text{arc tag } (Y/X)$$

Las sentencias 301 a 311 determinan la latitud y la altura mediante un proceso iterativo, que se para cuando,

$$|h_{k+1} - h_k| < 0.001 \cdot 10^{-5} \quad (h \text{ en metros})$$

$$|\varphi_{k+1} - \varphi_k| < 0.1 \cdot 10^{-12} \quad (\varphi \text{ en radianes})$$

con las conocidas fórmulas de la geodesia tridimensional

$$\varphi_k = \text{arc tg}(Z (RN + h_k) / ((RN (1 - E) h_k R))$$

$$h_k = - RN (1 - E) + Z / \text{sen}(\varphi_{k-1})$$

$$RN = A / \sqrt{(1 - E \text{ sen}^2 \varphi_{k-1})}$$

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}$$

La subrutina GRMS transforma ángulos dados en grados y fracción de grado, en ángulos dados en grados, minutos y segundos.

La subrutina MINII determina la matriz inversa de la matriz normal por el método de Cholesky, calculando la solución del sistema normal. (J.M. Sevilla)

El programa DOPPE2 sigue la misma estructura que el programa DOPPE1, salvo que el punto origen del sistema de referencia para la transformación pasa a ser el centro de gravedad de los puntos dato, empleándose el modelo de Badekas-Molodensky para determinar los parámetros de transformación entre los sistemas geodésicos (1) y (2), (capítulo 2).

10.2.- Programa PROGEO

El programa PROGEO para la determinación del geoide mediante el método de Helmert, con compensación por mínimos cuadrados, está escrito en Fortran IV en aritmética de doble precisión y desarrollado en el ordenador FACOM del I.G.N..

El programa admite como datos, componentes de la desviación de la vertical y diferencias de ondulación del geoide provenientes de observaciones espaciales.

Se admiten puntos fijos, o ajuste libre, determinándose la matriz pseudoinversa N^+ , de la matriz normal N .

Se determinan los errores medios cuadráticos de las incógnitas del ajuste, es decir, ondulaciones del geoide, de las observaciones, de los residuos, calculándose residuos tipificados.

La detección de errores groseros se puede hacer, mediante el B-test de Baarda o el T-test de Pope.

SE hace igualmente el estudio de la red astrogeodésica en cuanto a su fiabilidad, con el fin primordial de estudio de su configuración.

Las sentencias 5 a 13 dimensionan las variables de tipo vectorial y matricial.

Las sentencias 14 a 23 asignan las zonas COMMON, y las sentencias 24 y 25 definen los ficheros de acceso directo que utiliza el programa.

Las sentencias 28 a 34 asignan las constantes de ficheros y las sentencias 38 a 48 inicializan las variables utilizadas en el programa.

Las sentencias 52 a 62 realizan la lectura de datos generales según,

```
      READ(LECT,100,END=999) TITUL
100  FORMAT(10A8)
TITUL = nombre del trabajo

      READ(LECT,6100) ERR,ITEMAX,ERR1,ITEMAC,ALFA,ISIMUL
6100  FORMAT(2(F10.5,I5),F10.5,I5)
ERR = factor de convergencia para la resolución del sistema
ITEMAX = número máximo de iteraciones en la resolución del sistema
ERR1 = factor de convergencia para la inversión del sistema normal
ITEMAC = número máximo de iteraciones para la inversión del sistema normal.
ALFA = nivel de probabilidad para el test de Pope de detección de errores groseros
ISIMUL = clave numérica, si ISIMUL ≠ 0 se trata de una simulación de determinación de geoide.

      READ(LECT,113) KLD,KEO,KEN,IOSC,IVSC,IPESO,VAR
113  FORMAT(6I5,F10.0)
KLD = clave numérica, si KLD ≠ 0 se escribe la tabla de vértices y observaciones
KEO = clave numérica, si KEO ≠ 0 se escribe la tabla de relaciones de observación
KEN = clave numérica, si KEN ≠ 0 se escribe la tabla de ecuaciones normales
IOSC = clave de graduación angular para las observaciones. Si IOSC ≠ 0 grados centesimales, si IOSC = 0 grados sexagesimales
IVSC = clave numérica de graduación angular para la tabla de vérti
```

ces, si IVSC \neq 0 las coordenadas de los vértices en grados centesimales, si IVSC = 0 en grados sexagesimales.

IPESO = clave de ponderación para las observaciones,

IPESO = 0 peso unidad para todas las observaciones
 1 peso inversamente proporcional a la distancia
 2 peso inversamente proporcional al cuadrado de la distancia

VAR = distancia de peso unidad, es decir, distancia para la que el error a priori en la determinación del geoide es 1 metro.

READ(LECT,120) E2,RA

102 FORMAT(F20.16,F10.1)

E2 = excentricidad del elipsoide de referencia

RA = semieje mayor del elipsoide de referencia.

Las sentencias 63 a 71 escriben los datos generales.

Las sentencias 72 a 90 realizan la lectura de la tabla de vértices, que termina con registro en blanco,

READ(LECT,102) NP(I),LA(I),LO(I),ALT(I),(NOMBRE(I,K),

K=1,3),IFA,ONG

102 FORMAT(I5,2F15.8,F10.3,3A8,I5,F6.2)

NP(I) = número del punto

LA(I) = latitud del punto

LO(I) = longitud del punto

ALT(I) = altitud del punto

NOMBRE(I,K) = nombre del punto

IFA = clave numérica, si IFA = 0 punto aproximado, si IFA \neq 0 punto fijo

ONG = ondulación del geoide, cuando se trata de punto fijo.

Las sentencias 94 a 119 escriben la tabla de vértices.

Las sentencias 124 a 132 determinan el número de incógnitas del ajuste.

Las sentencias 137 a 147 hacen la lectura de las observaciones que termina con registro en blanco.

```
READ(LECT,103) NPE,NPV,PSIE,ETAE,PSIV,ETAV,OND,IOAD,  
PESO
```

```
103 FORMAT(2I5,5F7.2,I5,F10.0)
```

NPE = número del punto de estación

NPV = número del punto visado

PSIE = componente ξ de la desviación de la vertical en segundos del punto de estación

ETAE = componente η de la desviación de la vertical en segundos del punto de estación

PSIV = componente ξ de la desviación de la vertical en segundos del punto visado

ETAV = componente η de la desviación de la vertical en segundos del punto visado

OND = ondulación del geoide, cuando NPE sea punto fijo

IOAD = clave numérica que es $\neq 0$ cuando NPE es punto fijo

PESO = peso de la observación.

Las sentencias 149 a 162 almacenan las componentes de la desviación de la vertical en los vectores PSSS1 y ET1.

Las sentencias 176 a 188 realizan la escritura de la tabla de observaciones.

Las sentencias 192 a 197 hacen el chequeo de las observaciones, con las subrutinas CONTR0, CLAS1, COEL que más adelante discutiremos, y la subrutina COEL forma las relaciones de observación

que son almacenadas en disco. Las sentencias 220 a 252 escriben las relaciones de observación y las almacenan en las matrices A y JK. En la matriz $A(I,J)$, $I=1, NTO$, $J=1, 2$, se almacenan los únicos coeficientes de cada relación de observación distintos de cero y en la matriz $JK(I,J)$, $I=1, NTO$, $J=1, 2$, el puntero que indica el lugar de las incógnitas en cada relación de observación, siendo NTO el número total de relaciones de observación.

Las sentencias 255 a 262 escriben las características generales de la red astrogeodésica.

Las sentencias 266 a 275 resuelven el sistema normal con la subrutina GRAMOD, e invierten la matriz normal con la subrutina VARCOV.

Las sentencias 280 a 325 calculan los residuos ponderados y sin ponderar de las observaciones, y los escriben.

Las sentencias 326 a 344 calculan el error medio cuadrático del ajuste y de peso unidad, 1 a suma de los residuos ponderados y la suma de sus cuadrados.

Las sentencias 357 a 385 escriben los resultados del ajuste, es decir, las ondulaciones del geoide y sus errores medios cuadráticos.

Las sentencias 386 a 425 calculan los errores medios cuadráticos de las observaciones, residuos y residuos tipificados.

En las sentencias 426 a 506 se escriben los resultados y se determinan los parámetros de fiabilidad de la red, así como se realiza el B-test de Baarda sobre los residuos tipificados para la detección de errores groseros, según el apartado 3 del capítulo 4.

Las sentencias 507 a 525 determinan la suma de los residuos

tipificados y la suma de sus cuadrados.

En las sentencias 526 a 535 se determina el número crítico de Pope de detección de errores groseros, con la subrutina TAURE, para realizar el test de Pope de detección de errores groseros sobre los residuos parcialmente tipificados, en las sentencias 536 a 565, listándose las observaciones erróneas para este test.

Las subrutinas que utiliza el programa PROGEO son:

SUBROUTINE CONTRO(NT,N1,N2,NO,PSE,ETE,PSV,ETV,NULO,PE,EE,PV,EV)

NT = número total de vértices

N1 = número del punto de estación

N2 = número del punto visado

NO = número de la observación

PSE,ETE,PSV,ETV = componentes (ξ, η) de la desviación de la vertical en el punto de estación y visado.

NULO = variable numérica que toma los valores 0 y 1

PE,EE,PV,EV = componentes (ξ, η) del punto de estación y punto visado transformadas a radianes.

La subrutina CONTRO hace el control de las observaciones y vértices, tomando la variable NULO el valor 1 cuando algún vértice observado no se encuentra en la tabla de vértices, y cuando dos vértices entre los que existe una observación coinciden, es decir, tienen el mismo número en la tabla de vértices. Se transforman las componentes (ξ, η) de segundos a radianes por medio de la función RAD2.

SUBROUTINE CLAS1(NTV,NPE,NPV,X,JRO,LOG,LOG1)

NTV = número total de vértices

NPE = número del punto de estación

NPV = número del punto visado

X = vector donde se almacenan las coordenadas (φ , λ , h) de los puntos de estación y visado.

JRO = vector que almacena el orden de las incógnitas de los coeficientes de la relación de observación.

LOG = variable lógica que toma el valor FALSE cuando el punto de estación es fijo

LOG1 = variable lógica que toma el valor FALSE cuando el punto visado es fijo.

El bloque COMMON/NP/NP(300),LO(300),LA(300),ALT(300)
de números y coordenadas de los vértices de la red.

La subrutina CLAS1 identifica el punto de estación y visado en la tabla de vértices, y numera las incógnitas que intervienen en cada relación de observación.

SUBROUTINE COEL(NPE,NPV,X,IO,E,A,NO,LOGE,PSE,PSV,ETE,ETV,OND,PESO,
NULO,C)

NPE = número del punto de estación

NPV = número del punto visado

X = vector de coordenadas de los puntos de estación y visado

IO = clase de la observación

E,A = excentricidad y semieje mayor del elipsoide de referencia

LOGE = variable lógica, que toma el valor FALSE cuando el punto de estación es fijo

PSE,PSV,ETE,ETV = componentes de la desviación de la vertical en el punto de estación y visado

OND = ondulación del geoide en caso de punto fijo

PESO = peso de la observación

NULO = variable que toma los valores 0 y 1

C = vector donde se almacenan los coeficientes de la relación de observación.

La subrutina COEL llama a la subrutina INVEL1 que resuelve el problema inverso de la geodesia geométrica, es decir, a partir de las coordenadas geodésicas del punto de estación y visado, calcula el acimut directo y recíproco ZE, ZV y la distancia entre dichos puntos, DIC. Si la distancia es igual a cero, es decir, las coordenadas del punto de estación y visado coinciden, la variable NULO toma el valor 1, y se hace una llamada de error.

Las sentencias 683 a 686 hacen la asignación de peso a cada observación.

Las sentencias 688 a 710 calculan los coeficientes de cada realción de observación según la fórmula de Helmert para el término independiente (diferencia de ondulación del geoide).

SUBROUTINE INVEL1(LON,LAT,LONV,LATV,E2,RA,PI,DPI,HPI,ZE,ZV,DIC)

LON = longitud del punto de estación

LAT = latitud del punto de estación

LONV = longitud del punto visado

LATV = latitud del punto visado

E2,RA = excentricidad y semieje mayor del elipsoide de referencia.

PI = número PI

DPI = 2 PI

HPI = PI/2

ZE = acimut directo (punto de estación-punto visado)

ZV = acimut recíproco (punto de estación-punto visado)

DIC = distancia sobre el elipsoide entre los puntos de estación y visado.

La subrutina INVEL1 resuelve el problema inverso de la geodesia geométrica.

DOUBLE PRECISION FUNCTION RAD2(H,PI,IOSC)

La función RAD2 transforma un ángulo dado en grados, minutos y segundos a radianes.

SUBROUTINE GRAMOD(NIN,NREL,S)

NIN = número de incógnitas

NREL = número de relaciones de observación

S = vector solución

Las zonas COMMON son,

COMMON/GRMOD/A(1000,2),JK(1000,2),b(1000)

COMMON/ERRR/ERR,ITEMAX

En el bloque COMMON GRMOD se pasan del programa principal a la subrutina GRAMOD, los coeficientes de las relaciones de observación ($A(I,J)$, $I=1,NREL$, $J=1,2$), el término independiente ($B(I)$, $I=1,NREL$) y el lugar que ocupan las incógnitas en cada relación de observación, ($JK(I,J)$, $I=1,NREL$, $J=1,2$).

El bloque ERRR transfiere el valor ERR de convergencia de la iteración del método del gradiente conjugado y el número máximo de iteraciones ITEMAX.

La subrutina GRAMOD resuelve el sistema normal por el método del gradiente conjugado modificado (Saxena, 1972), que se desarrolla en el apéndice 4.

SUBROUTINE PROTRS(N,M,X,Y)

La subrutina PROTRS realiza la multiplicación de la matriz de relaciones de observación $A(M,N)$ por un vector $X(M)$ en forma compactada, dando por resultado el vector $Y(N)$.

$$\underline{Y}(N) = \underline{X}(M) A(M,N)$$

N = número de incógnitas

M = número de relaciones de observación

\underline{X} = vector por el que se multiplica la matriz A

\underline{Y} = vector resultante.

SUBROUTINE PRODUC(N,M,X,Y)

La subrutina PRODUC realiza el producto de la matriz de relaciones de observación A(M,N) por un vector $\underline{X}(N)$, resultando el vector $\underline{Y}(M)$

$$\underline{Y}(M) = A(M,N) \underline{X}(N)$$

N = número de incógnitas

M = número de relaciones de observación

\underline{X} = vector por el que se multiplica la matriz A

\underline{Y} = vector resultante.

SUBROUTINE PROESC(N,X,Y,R)

La subrutina PROESC realiza el producto escalar de los vectores \underline{X} e \underline{Y} de dimensión N, siendo el escalar resultante R.

SUBROUTINE NORMA(N,X,Y)

La subrutina NORMA realiza el producto escalar del vector \underline{X} por él mismo, siendo el resultado el escalar R.

SUBROUTINE VARCOV(NIN,NREL,NUM,X)

NIN = número de incógnitas

NREL = número de relaciones de observación

NUM = número de la incógnita cuyo vector de varianzas-covarianzas se va a calcular

X = vector de varianzas-covarianzas de la incógnita NUM.

Los bloques COMMON son

```
COMMON/GRMOD/A(1000,2),JK(1000,2),B(1000)
```

```
COMMON/ERRR1/ERR1,ITEMAC
```

siendo ERR1 el factor de convergencia para la iteración e ITEMAC el número máximo de iteraciones.

La subrutina VARCOV determina la matriz inversa de la matriz normal por el método del gradiente conjugado modificado, (Apéndice 4).

```
SUBROUTINE TAURE(NT,NU,ALPH,CRTAU)
```

NT = número de observaciones

NU = número de grados de libertad del ajuste

ALPH = nivel de probabilidad del test para detección de errores groseros

CRTAU = número crítico de detección de errores groseros.

La subrutina TAURE determina el número crítico para la detección de errores groseros, según el apartado 3 del capítulo 4, (Pope, J.A.)

```
SUBROUTINE BUFFER(NIN,NT0)
```

La subrutina BUFFER forma las ecuaciones normales del ajuste y las almacena en la matriz (HB(I,J),I=1,NIN,J=1,NIN), formando un fichero de acceso secuencial para posterior utilización por otros programas.

10.3.- Programa GOPOR1.

El programa GOPOR1 escrito en Fortran IV y aritmética de doble precisión, desarrollado en el ordenador FACOM del I.G.N., realiza la interpolación polinómica de ondulaciones a partir de datos de desviación de la vertical y ondulaciones del geoide. En el capítulo 5 se desarrolla el fundamento teórico del método utilizado en este programa.

Las sentencias 6 a 12 dimensionan las variables y las sentencias 13 a 18 definen los bloques COMMON del programa. Las sentencias 24 a 30 definen las variables numéricas,

NTB = unidad de lectura de datos

NTC = unidad de escritura

DERA = constante para pasar grados y fracción de grado a radianes

NGTO = grado máximo del polinomio de interpolación.

La sentencia 31 hace la lectura de datos generales

```
READ(NTB,5921) RADENT,RAD,PESCON,NG,IGRADO,JHK,RESC,ALTF
```

```
5921 FORMAT(F6.0,F9.4,F10.2,3I3,F10.5,F10.6)
```

RADENT = factor de escala aplicado a las coordenadas locales

RAD = radio medio terrestre

PESCON = peso asignado a las ecuaciones de condición

NG = grado máximo del polinomio de interpolación

IGRADO = grado inicial del polinomio de interpolación

JHK = variable de escritura

RESC = factor que multiplica a los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas de los coeficientes incógnitas del polinomio de interpolación

ALTF = Escala en ondulación del geoide del modelo

La sentencia 42 hace la lectura de las variables lógicas,

```
READ(NTB,100) LUTM,LGEG,LGMS
```

```
100 FORMAT(3L1)
```

LUTM = TRUE. Las coordenadas de los puntos dato en planas

LGEG = TRUE. Las coordenadas de los puntos dato en grados y fracción de grado

LGMS = TRUE. Las coordenadas de los puntos dato en grados, minutos y segundos.

Las sentencias 61 a 64 inicializan los contadores para el número de puntos dato en desviación de la vertical (NDES), en ondulación del geoide (NGEO), número de puntos en donde se quiere interpolar el valor de las componentes de la desviación de la vertical (NDES1), número de puntos donde se quiere interpolar la ondulación del geoide (NGEO1).

Las sentencias 65 a 174 hacen la lectura de datos según las variables lógicas LUTM, LGEG, LGMS.

(a) Para LUTM = TRUE.

```
READ(NTB,101) NPUNTO,XUTM,YUTM,ZUTM,DXN,DYN,PESX,PESY,ONG  
PESN,LGD
```

```
101 FORMAT(I5,2F10.0,2F7.2,2F5.2,11X,F7.2,F5.2,L1)
```

NPUNTO = número del punto

XUTM,YUTM = coordenadas planas del punto

DXN,DYN = componentes de la desviación de la vertical

PESX,PESY = pesos a priori para las componentes DXN, DYN

ONG = ondulación del geoide

PESN = peso a priori de la ondulación ONG

LGD = clave lógica para la lectura de punto dato en desviación de la vertical (LGD = TRUE), o punto dato en ondulación del geoide (LGD = FALSE).

(b) Para LGEG = TRUE

```
      READ(NTB,102) NPUNTO,RLAT,RLON,DXN,DYN,PESX,PESY,ONG,PESN,  
      LGD
```

```
102  FORMAT(I4,1X,2F10.6,2F7.2,2F5.2,9X,F7.2,F5.2,L1)
```

Las variables NPUNTO, DXN, DYN, PESX, PESY, ONG, PESN y LGD tienen el mismo significado anterior.

Las variables,

RLAT = latitud en grados y fracción de grado

RLON = longitud en grados y fracción de grado.

(c) Para LGMS = TRUE

```
      READ(NTB,103) NPUNTO,NLAG,NLAM,SLA,GMSLO,DXN,DYN,PESX,PESY,  
      ONG,PESN,LGD
```

```
103  FORMAT(I5,I3,I2,F5.2,I4,I2,F5.2,2F7.2,2F5.2,10X,F7.2,F5.2,  
      L1)
```

Las variables NPUNTO, DXN, DYN, PESX, PESY, ONG, PESN, LGD tienen el mismo significado anterior.

NLAG, NLAM, SLA = latitud en grados, minutos y segundos

GMSLO = longitud en grados, minutos y segundos.

Las coordenadas de los puntos dato en desviación de la vertical se almacenan en los vectores X1, Y1, las coordenadas de los puntos dato en ondulación del geoide en X3, Y3, las coordenadas de los puntos incógnita en desviación de la vertical en X2, Y2 y las coordenadas de los puntos incógnita en ondulación del geoide en X4, Y4.

Las componentes de la desviación de la vertical se almacenan en los vectores DX, DY, y sus pesos en PX, PY. Las ondulaciones del geoide de los puntos dato en ON y sus pesos en PN.

Las sentencias 180 a 192 determinan las coordenadas del centro de gravedad XO, YO de los puntos dato, y las sentencias 193 a 205 calculan las coordenadas de los puntos respecto a un sistema local de coordenadas planas con origen en el centro de gravedad XO, YO.

Las sentencias 211 a 214 almacenan los pesos del ajuste en el vector PES.

Las sentencias 225 a 260 determinan los coeficientes de las ecuaciones normales en la matriz $S(I,I)$, $I,J=1,NGC$, según las fórmulas dadas en el capítulo 5.

La sentencia 265 hace la llamada a la subrutina MINI con parámetros NN, NGC, para la resolución del sistema normal, siendo NN el número de incógnitas.

En caso de mal condicionamiento de la matriz normal, la variable INMP toma el valor 1, y se regulariza el sistema por el método de Tijonov (Apéndice 4), resolviéndose el sistema en las sentencias 266 a 274.

Las sentencias 275 a 294 escriben los resultados del ajuste.

Las sentencias 295 a 300 almacenan la matriz de varianzas-covarianzas de las incógnitas en el vector C1 para realizar el cálculo de los autovalores de dicha matriz mediante la subrutina AUTOV2, que son almacenados en el vector H.

Se determina el máximo autovalor HH2, el mínimo autovalor HH1 la traza de la matriz de varianzas-covarianzas $HH = H(I)$, la media de la traza, $HG1 = HH/N$, siendo N el número de autovalores,

el condicionamiento de la matriz de varianzas-covarianzas, $CON = HH2/HH1$, el determinante de la matriz de varianzas-covarianzas $DET = H(I)$, y $HG2 = (DET)^{1/N}$. Las sentencias 328 a 341 escriben estos valores, que sirven para analizar la optimización del ajuste.

Las sentencias 347 a 363 almacenan las coordenadas de los puntos dato e incógnitas en desviación de la vertical y ondulación del geode en los vectores XCOORD, YCOORD.

Las sentencias 364 a 427 determinan los errores medios cuadráticos de la interpolación de desviaciones de la vertical y ondulaciones del geode.

Por último, las sentencias 428 a 528 escriben los resultados del ajuste.

Las subrutinas que utiliza el programa son,

SUBROUTINE EVCOV(NGRPOL,XPTO,YPTO,ERROR1,ERROR2,ERROR3)

NGRPOL = grado del polinomio de interpolación

XPTO,YPTO = coordenadas del punto interpolado

ERROR1,ERROR2,ERROR3 = errores medios del ajuste en las componentes de la desviación de la vertical y la ondulación del geode.

La subrutina EVCOV utiliza un bloque COMMON/S/S(260,260) en donde se transfiere del programa principal la matriz de varianzas-covarianzas de los coeficientes del polinomio de interpolación.

La subrutina EVCOV determina los errores medios de las cantidades interpoladas ERROR1, ERROR2, ERROR3.

SUBROUTINE MINI(NN,N2)

NN = número de incógnitas

N2 = número de incógnitas + 1

10.4.- Programa INTDES.

El programa INTDES para interpolación de desviaciones de la vertical por técnicas de predicción mínimo cuadrática, ha sido desarrollado y publicado por S. Heitz, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt A.M. 1969. No obstante se da un listado del programa operativo en el ordenador FACOM del I.G.N.

10.5.- Programa INTGEO.

El programa INTGEO para interpolación de ondulaciones del geode por técnicas de predicción mínimo cuadrática, ha sido desarrollado y publicado por S. Heitz, Verlag des Instituts für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, A.M. 1969. Se da un listado, al igual que en el caso anterior, del programa INTGEO, operativo en el ordenador FACOM del I.G.N.

10.6.- Programa PROGCC1.

El programa PROGCC1 escrito en Fortran IV y en aritmética de doble precisión para la compensación de grandes redes geodésicas de triangulación en el elipsoide de referencia por el método de variación de coordenadas. Es en la actualidad uno de los programas de compensación de redes geodésicas más potentes que existen en el mundo debido a tres causas principalmente: la cantidad de información que se puede procesar y los tiempos de ejecución del programa, la comodidad y flexibilidad en la entrada de datos a base de ficheros de acceso secuencial y la información resultado de la compensación dentro del modelo de mínimos cuadrados que ofrece el programa. Esta versión preparada para la compensación de redes de primer orden, admite un máximo de 650 vértices y 5000 observaciones, que evidentemente puede ser ampliada en el ordenador FACOM del I.G.N., existiendo otra versión para redes de orden inferior, que admite el tratamiento de una red con 5.000 vértices y 40.000 observaciones.

El programa PROGCC1 admite la posibilidad de tratamiento de parámetros sistemáticos incógnitas en la compensación, tales como factores de escala para distancias y constantes de orientación para acimutes astronómicos, que pongan de acuerdo la escala y orientación definida por constreñimientos impuestos a la red mediante puntos fijos, es decir por la geometría de la red, y la definida por las observaciones.

Admite también la incorporación de datos espaciales, es decir observaciones de acimut y distancia entre puntos donde se han efectuado observaciones de satélites, aunque sean puntos muy alejados de la red. Esto es posible gracias a que la estructura tipo

banda de la matriz normal no ha de ser estricta, aunque sí aconsejable para minimizar memoria y tiempos de cálculo.

Por otra parte, el programa admite también la posibilidad de tratamiento de redes ideales en base a simulaciones, lo que permite estudiar a priori, la precisión y la fiabilidad de redes que aun no están observadas, con fines tales como, definición de configuraciones óptimas, esquemas de observación óptimos en cuanto a fiabilidad, precisión, costo y determinación de precisiones a priori en base a los métodos e instrumental de observación a utilizar, etc.

Existen otras dos versiones del mismo programa, denominadas PROGCC2 y PROGCC4, para el tratamiento de redes libres con conjuntos de constreñimientos minimales en el elipsoide y para la obtención de matrices buffer (unión) de redes geodésicas. Esta última versión crea un fichero denominado BUFFER.CORE, que recoge en forma secuencial los elementos de la matriz buffer, para ser procesados con el programa SENRED de optimización de redes y que estudia los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas de los parámetros de estudio.

Por último digamos que el programa PROGCC1 crea cuatro ficheros de acceso secuencial denominados, OBS.CORE, COOR.COMPEN, RESIDUOS.CORE, ELIPSES.CORE, que sirven de entrada a otros programas que funcionan de forma interactiva con PROGCC1. Así el fichero COOR.COMPEN, en donde se almacenan las coordenadas compensadas de la red en la misma forma que las lee el programa PROGCC1, sirve para realizar una nueva compensación y estudiar la linealidad del modelo utilizado.

El fichero RESIDUOS.CORE sirve de entrada a los programas FOCKIN de análisis estadístico de residuales y al programa BARLET, en donde se realiza el test de Barlet para estudio de la ponderación de las observaciones y el análisis de varianza de la distribución de los residuos, (Bada de Cominges, Belen, 1984).

Los ficheros OBS.CORE y ELIPSES.CORE en donde se almacenan las uniones definidas por las observaciones y los puntos de la red con sus correspondientes elipses de error, sirven de entrada al programa ABELI1, que dibuja la configuración de la red y las correspondientes elipses de error.

El programa PROGCC1 tiene tres partes bien diferenciadas. Una primera parte, en donde se leen los datos de entrada, se hace el chequeo de las observaciones, las correcciones por sección normal y altitud del punto visado a las observaciones de dirección y finalmente se forman las relaciones de observación. La segunda parte se puede definir en la resolución e inversión del sistema normal. La tercera parte hace el análisis de los resultados obtenidos en la compensación, realizándose el test de Baarda de detección de errores groseros.

Las sentencias 100 a 280 definen y dimensionan las variables que utiliza el programa, que describiremos según se vayan utilizando.

Las sentencias 290 a 460 definen los bloques COMMON entre el programa principal y las distintas subrutinas.

Las sentencias 47 a 50 definen los ficheros de acceso directo que se crean a lo largo del programa.

Las sentencias 75 a 109 inicializan las variables numéricas

En la sentencia 111 se comienza la lectura de datos generales de la compensación con:

```
      READ (LECT,100,END=999) TITUL
100  FORMAT(10A8)
```

TITUL = nombre del trabajo.

```
      READ(LECT,1837) LMETRO,EPP,ITEMAX,ERR1,ITEMAC,IRED,IDOPLR
      ,IGEOD,ITELU,IACIM,IALFA
1837  FORMAT(L1,F15.5,I5,F15.13,I5,I5,5I5)
```

LMETRO = variable lógica, si LMETRO = FALSE, las incógnitas se dan en radianes, si LMETRO = TRUE, las incógnitas en metros.

EPP = variable numérica para pasar de elipses de error estándar a elipses de confianza.

ITEMAX, ERR1, ITEMAC = variables que no utiliza el programa.

IRED = variable numérica, si IRED \neq 0 la red es pura de trilateración.

IDOPLR = variable numérica, si IDOPLR \neq 0, se tratan en la compensación observaciones de acímuth y distancia espaciales, y el programa genera automáticamente dos nuevas incógnitas, constante de orientación para los acímuths y factor de escala para las distancias.

IGEOD = variable numérica, si IGEOD \neq 0, se considera factor de escala como parámetro sistemático a determinar en el ajuste para las medidas Láser.

ITELU = variable numérica, si ITELU \neq 0 se considera factor de escala como parámetro sistemático para las medidas de distancia con microondas.

IACIM = variable numérica, si IACIM \neq 0 se considera constante de orientación como parámetro sistemático para las observaciones de acimut astronómico.

IALFA = defecto de rango de la matriz normal.

READ(LECT,113) KLD,KV,KT,KEO,KEN,KI,INI,ICON,ISIMUL,IVSC,
IOSC

113 FORMAT(9I5,25X,2I5)

KLD = variable numérica de escritura, si KLD = 0 no se lista la tabla de vértices y observaciones, si KLD \neq 0 se listan la tabla de vértices y observaciones.

KV = variable numérica de escritura, si KV = 0 no lista la tabla de residuos, si KV \neq 0 se lista la tabla de residuos.

KT = variable numérica de escritura, si KT = 0 no lista la tabla de acimutes y distancias compensadas, si KT \neq 0 se lista la tabla de acimutes y distancias compensadas.

KEO = variable numérica de escritura, si KEO = 0 no lista la tabla de relaciones de observación, si KEO \neq 0 lista la tabla de relaciones de observación.

KI = variable numérica de escritura, si KI = 0 no lista la tabla con el valor de las incógnitas, si KI \neq 0 lista la tabla de incógnitas.

INI = variable numérica, si INI = 0 no almacena en un fichero de acceso secuencial la tabla de incógnitas, si INI \neq 0 si lo hace.

ICON = variable numérica, si ICON \neq 0 no se determina la matriz inversa de la normal, y por tanto no se calculan errores medios cuadráticos ni elipses de error de las incógnitas. Si ICON \neq 0 se determina la matriz inversa, errores i elipses de error.

ISIMUL = variable numérica, si ISIMUL = 0 se trata de la compensación de una red con observaciones reales, si ISIMUL \neq 0 se trata de la simulación de una red.

IVSC = variable numérica, si IVSC = 0 las coordenadas aproximadas de los puntos de la red vienen dadas en grados sexagesimales, si IVSC \neq 0 en grados centesimales.

IOSC = variable numérica, si IOSC = 0 las observaciones angulares vienen dadas en grados sexagesimales, si IOSC \neq 0 en grados centesimales.

READ(LECT,120) E2,RA

120 FORMAT(F20.16,10X,F10.1)

E2 = segunda excentricidad del elipsoide de referencia.

RA = semieje mayor del elipsoide de referencia.

READ(LECT,101) EMA,EMD,FB0,(FB(I),I=1,4)

101 FORMAT(2F15.6,5F10.5)

EMA = Desviación típica a priori para las observaciones angulares.

EMD = Desviación típica a priori para las observaciones de distancia.

FB0 = factor de ponderación de bloque para las observaciones del grupo 0.

FB(1) = factor de ponderación de bloque para las observaciones del grupo 1.

FB(2) = factor de ponderación de bloque para las observaciones del grupo 2.

FB(3) = factor de ponderación de bloque para las observaciones del grupo 3.

FB(4) = factor de ponderación de bloque para las observaciones del grupo 4.

Las sentencias 124 a 140 dan valores estandar a las variables anteriores en caso que sean cero. Estos valores son,

EMA = 0.35 segundos sexagesimales.

EMD = 0.07 metros.

FB0, (FB(I), I=1,4) = 1.

Las sentencias 141 a 168 escriben los datos generales de la compensación.

Las sentencias 170 a 189 hacen la lectura de la tabla de coordenadas aproximadas de los vértices, según

```
READ(LECT,102) NP(I),LO(I),LA(I),ALT(I),(NOMBRE(I,K),  
K=1,24),ICOV(I),IVP,IFA
```

```
120 FORMAT(I5,2F15.8,F10.3,5X,24A1,I1,I4,I1)
```

NP(I) = número del vértice i-ésimo.

LO(I) = longitud del vértice i-ésimo en notación seudodecimal, es decir, por ejemplo,

LO(I) = - 6.13214213 = - 62 13' 21"4213

LA(I) = latitud del vértice i-ésimo en notación pseudodecimal.

ALT(I) = altura del vértice i-ésimo en metros.

(NOMBRE(I,K),K=1,24) = nombre del vértice i-ésimo.

ICOV(I) = clave numérica, si ICOV(I) = 0 se determina el error medio de las incógnitas que genera este vértice, si ICOV(I) ≠ 0 no se determinan.

IVP = clave numérica, si IVP = 0 el vértice está estacionado, si IVP ≠ 0 no está estacionado.

IFA = clave numérica, si IFA = 0 el vértice es aproximado si IFA ≠ 0 el vértice es fijo.

Las sentencias 190 a 216 hacen la impresión de la tabla de vértices.

Las sentencias 220 a 252 realizan la numeración y cálculo de las incógnitas que intervienen en el ajuste, tanto de orientación, como de coordenadas e incógnitas sistemáticas.

Las sentencias 253 a 417 realizan la lectura de las observaciones según,

```
READ(LECT,103) NPE,NPV,OBS,PESO,LONA,IP,IOAD
103 FORMAT(2I4,2X,F16.7,13X,F11.6,2X,F17.8,7X,2I2)
```

NPE = número del punto de estación

NPV = número del punto visado

OBS = valor de la observación

PESO = peso de la observación

LONA = longitud astronómica en las observaciones de acimut astronómico para efectuar la corrección de Laplace.

IP = variable numérica de identificación de bloque para asignación de peso.

IP = 0, se le asigna el factor FB0

IP = 1, se le asigna el factor FB(1)

IP = 2, se le asigna el factor FB(2)

IP = 3, se le asigna el factor FB(3)

IP = 4, se le asigna el factor FB(4)

IOAD = variable numérica de identificación de la observación.

IOAD = 0, observación angular de dirección

IOAD = 1, observación de distancia

IOAD = 2, observación de acimut astronómico.

En las sentencias 290 a 292 se determina el peso de las observaciones, en función de los factores de bloque, de las desviaciones típicas a priori y del peso correspondiente a cada observación individual, mediante la función PESOL.

Las sentencias 296 a 319 escriben la tabla de observaciones.

Las sentencias 323 a 417 realizan el control de las observaciones y forman las relaciones de observación. Se hace llamada a las subrutinas CONTR1, CONTRO, CLAS1, COEFOB o COEFMT según las incógnitas en coordenadas sean en radianes o en metros.

Cada relación de observación se almacena en los vectores (JRO(I), I=1,6) y (COEF(I), I=1,6), indicando con JRO el puntero de las incógnitas y por COEF el coeficiente que esta incógnita tiene en la relación de observación correspondiente. Finalmente las relaciones de observación son almacenadas en las matrices,

$$A(I,J) = COEF(J), \quad I=1, NTO, \quad J=1, 5$$

JK(I,J) = JRO(J), I=1,NTO, J=1,5

FL(I) = COEF(6), I=1,NTO

siendo NTO en número total de relaciones de observación.

Las sentencias 418 a 451 escriben la tabla de relaciones de observación.

Las sentencias 452 a 519 escriben los parámetros característicos de la red.

Las sentencias 520 a 551 inicializan las variables para la posterior resolución del sistema normal.

Las sentencias 552 a 566 realizan la resolución del sistema normal. Las subrutinas utilizadas son: NORMAN que determina la matriz normal a partir de las relaciones de observación, FACTOR que realiza la factorización triangular de la matriz normal por el método de Cholesky y SOLN que hace la resolución del sistema normal.

Las sentencias 571 a 629 hacen la impresión de las incógnitas del ajuste.

Las sentencias 635 a 795 calculan e imprimen las coordenadas compensadas de los puntos de la red.

Las sentencias 796 a 896 calculan e imprimen los residuos, tanto ponderados como sin ponderar de las observaciones.

Las sentencias 897 a 946 calculan y escriben el error medio cuadrático del ajuste, así como la suma de los residuos ponderados y la suma de sus cuadrados.

La sentencia 945 hace llamada a la subrutina RESIDU que hace el análisis estadístico de los residuos, por clases de observaciones, con el fin de detectar posibles sistematismos en su distribución.

Las sentencias 947 a 1.178 determinan los errores medios cuadráticos de las incógnitas del ajuste, así como las elipses de error en cada punto de la red. La inversión del sistema normal se hace con la subrutina INVERS, aplicando el algoritmo de Cholesky. Las elipses de error en cada punto se determinan por las bien conocidas fórmulas,

$$A = \arctag(s_{xy}^2 / (s_x^2 - s_y^2))$$

$$b = (s_x^2 + s_y^2 - \sqrt{(s_x^2 - s_y^2)^2 + 4s_{xy}^2})/2$$

$$a = (s_x^2 + s_y^2 + \sqrt{(s_x^2 - s_y^2)^2 + 4s_{xy}^2})/2$$

siendo,

- s_x^2 = varianza en la determinación de la longitud
- s_y^2 = varianza en la determinación de la latitud
- s_{xy} = covarianza entre la longitud y la latitud
- A = acimut del semieje mayor de la elipses de error
- b = semieje menor de la elipse de error
- a = semieje mayor de la elipses de error.

Las sentencias 1054 a 1081 escriben la tabla de errores medios cuadráticos y las elipses de error para cada punto de la red.

Las sentencias 1082 a 1178 determinan las incógnitas sistemáticas y sus errores medios cuadráticos.

En las sentencias 1179 a 1275 se determinan las siguientes cantidades de interés geodésico para cada observación:

- error medio cuadrático a priori, en segundos y metros para las observaciones angulares, y en metros y partes por millón para las distancias.

- error medio cuadrático de la observación, en segundos y metros

para las observaciones angulares, y metros y partes por millón para las distancias.

- error medio cuadrático del residuo.

- residuo tipificado, haciéndose el test de Baarda para la detección de errores groseros. En caso que el valor absoluto del residuo tipificado sea mayor que el número crítico dado de antemano para un cierto nivel de probabilidad, CRITIC, se hace una llamada de escritura, en donde aparece "OBSERVACION RECHAZADA".

- Se determinan los parámetros de fiabilidad tanto interna como externa en el sentido de Baarda, para analizar el control que la geometría de la red hace sobre las propias observaciones, determinándose además el error que habría que cometer en cada observación para que el test de Baarda lo detecte, con probabilidad del 1% y con una potencia de test del 80%.

- Finalmente se determina el parámetro de fiabilidad total de la red.

(Estos conceptos vienen desarrollados en los apartados 2 y 3 del capítulo 4)

En la sentencia 1276 se llama a la subrutina ELIREL que determina las elipses de error relativas entre las observaciones.

Las sentencias 1277 a 1381 determinan y escriben los acimutes y distancias calculados a partir de las coordenadas compensadas entre las observaciones, así como las coordenadas UTM, factor de escala y convergencia de meridianos de cada vértice.

A continuación se va a describir brevemente las funciones y subrutinas que utiliza este programa.

DOUBLE PRECISION FUNCTION PESO1(PESO,IP,FB0,FB,PINF)

La función PESO1 asigna el peso de las observaciones, en fun-

PESO = peso de la observación

IP = clave para indicar el bloque de la observación

FB0,(FB(I),I=1,4) = factores de ponderación para cada bloque de observaciones.

PINF = peso asignado a las ecuaciones de condición.

SUBROUTINE CONTR1(NT,N1,IHKK,NULO)

La subrutina CONTR1 hace el control para detectar si hay más de un acimut observado en un punto, si es así, la variable NULO toma el valor 1 y se da un aviso de error.

SUBROUTINE CONTRO(NT,N1,N2,NO,IO,OBS,LONA,NOA,NOD,NOZ,NOZL,NULO,OB)

NT = número total de vértices del ajuste

N1 = número del punto de estación

N2 = número del punto visado

NO = número de la observación

IO = clave de la observación

OBS = valor de la observación

LONA = longitud astronómica del punto de estación (observaciones de acimut astronómico)

NOA = contador para observaciones de dirección

NOD = contador para observaciones de distancia

NOZ = contador para observaciones de acimut astronómico

NOZL = contador para observaciones de acimut geodésico

NULO = variable numérica que toma los valores 0 y 1

OB = valor de la observación corregida, en radianes para angulares y en metros para las distancias.

La subrutina CONTRO realiza el control de las observaciones, dando un aviso de error en los casos siguientes, tomando la varia-

ble NULO el valor 1, el punto de estación o el punto visado no existe en la tabla de vértices, el punto de estación y el punto visado tienen el mismo número, existe una observación de distancia entre puntos fijos, existe una observación de acimut entre puntos fijos. Finalmente por medio de la función RAD2 se pasan las observaciones a radianes y se corrigen los acimutes transformándose al sistema geodésico mediante la ecuación de Laplace.

SUBROUTINE CLAS1(NTV,NIO,NPE,NPV,X,JRO,LOG,LOG1)

NTV = número total de vértices

NIO = número de incógnitas de orientación del ajuste

NPE,NPV = número del punto de estación y del punto visado

En esta subrutina se identifican en la tabla de vértices los puntos de estación y visado de la observación tratada. Las variables lógicas LOG y LOG1 toman de entrada el valor TRUE, si el punto de estación es vértice fijo en la compensación, la variable LOG toma el valor FALSE, y si lo es el punto visado la variable LOG1 es FALSE.

Se realiza la numeración de las incógnitas, de acuerdo a la entrada de la tabla de vértices, estando en primer lugar las incógnitas de orientación, y a continuación las incógnitas en coordenadas. En el vector (JRO(I),I=1,5) se almacenan los lugares que ocupan las incógnitas en la relación de observación, y en el vector X(I),I=1,6 se almacenan las coordenadas aproximadas de los puntos de estación y visado, es decir

JRO(1) = lugar de la incógnita de orientación

JRO(2) = lugar de la incógnita d^{λ} para el punto de estación

JRO(3) = lugar de la incógnita d^{ψ} para el punto de estación

JRO(4) = lugar de la incógnita λ para el punto visado

JRO(5) = lugar de la incógnita φ para el punto visado

X(1) = longitud aproximada del punto de estación

X(2) = latitud aproximada del punto de estación

X(3) = altura del punto de estación

X(4) = longitud aproximada del punto de visado

X(5) = latitud aproximada del punto de visado

X(6) = altura del punto visado.

SUBROUTINE COEFOB(N,NPE,NPV,X,IO,IP,E,A,LOGE,LOGV,OB,PESO,C,NULO)

La subrutina COEFOB hace el cálculo de los coeficientes de las relaciones de observación. Los parámetros son

N = número de identificación de la observación de dirección en la vuelta de horizonte

NPE,NPV = número de los puntos de estación y visado

X = vector de coordenadas aproximadas del punto de estación y visado

IO = clase de la observación (dirección, acimut o distancia)

E = segunda excentricidad del elipsoide de referencia

A = semieje mayor del elipsoide de referencia

LOGE,LOGV = variables lógicas, son TRUE para punto aproximado y FALSE para punto fijo

OB = valor de la observación

PESO = peso de la observación

C = vector donde se almacenan los coeficientes de cada relación de observación

NULO = variable numérica que toma el valor 1 cuando la observación es errónea.

Las sentencias 1583 a 1586 determinan los radios de curvatura y la normal en los puntos de estación y visado, q_E , q_V , N_E , N_V .

La sentencia 1588 llama a la subrutina **INVEL** que determina la distancia sobre el elipsoide y los acimutes directo y recíproco entre el punto de estación y el punto visado, D_{EV} , A_{EV} , A_{VE} . Si $D_{EV} = 0$, es decir, las coordenadas del punto de estación y visado coinciden, se da una llamada de error y la variable nulo toma el valor 1.

Las sentencias 1600 a 1647 forman las relaciones de observación de acuerdo a las expresiones:

a.- Relación de observación de dirección.

Las sentencias 1604 a 1608 corrigen por altitud del punto visado y línea geodésica las observaciones angulares de dirección.

Las relaciones de observación se pueden escribir en general en la forma,

$$\begin{aligned} (d\alpha C(1) + C(2) d\lambda_E + C(3) d\psi_E + C(4) d\lambda_V + C(5) d\psi_V) \text{ PESO} = \\ = C(6) \text{ PESO.} \end{aligned}$$

En el caso de observaciones de dirección se tiene
 $d\alpha$ = incógnita de orientación de la vuelta de horizonte
 $d\lambda_E$, $d\psi_E$ = incógnitas en coordenadas para el punto de estación
 $d\lambda_V$, $d\psi_V$ = incógnitas en coordenadas para el punto visado
 PESO = peso de la observación.

Los coeficientes $C(I)$, $I=1,6$ están dados por

$$C(1) = -1$$

$$C(2) = N_V \cos(\psi_V) \cos(A_{VE}) / D_{EV}$$

$$C(3) = q_E \sin(A_{EV}) / D_{EV}$$

$$C(4) = - C(2)$$

$$C(5) = q_V \sin(A_{VE})/D_{EV}$$

$$C(6) = (A_{EV} - OB - DES)$$

siendo DES la desorientación de la vuelta de horizonte.

b.- Relación de observación de acimut astronómico.

Es idéntica a la anterior haciendo $C(1) = 0$ y $DES = 0$.

c.- Relación de observación de distancia.

En este caso,

$$C(1) = 0$$

$$C(2) = N_V \cos(\varphi_V) \sin(A_{VE})$$

$$C(3) = -q_E \cos(A_{EV})$$

$$C(4) = -C(2)$$

$$C(5) = -q_V \cos(A_{VE})$$

$$C(6) = (D_{EV} - OB)$$

La consideración de parámetros sistemáticos para observaciones de acimut y distancia lleva a introducir $C(1) = -1$, y la incógnita dA (constante de orientación) para acimutes astronómicos, y $C(1) = -D_{EV}$ y la incógnita dE (factor de escala) para distancias.

Por último digamos que estas fórmulas pueden encontrarse en cualquier tratado de geodesia, como por ejemplo, Bomford, 1971.

SUBROUTINE CURVAT(E,A,LA,R)

E = excentricidad del elipsoide de referencia

A = semieje mayor del elipsoide de referencia

LA = latitud.

Esta subrutina determina el radio de curvatura R en el punto de latitud LA.

SUBROUTINE NORMAL(E,A,LA,N)

K = factor de escala

KC,KG,KM,KS = convergencia de meridianos, KC = carácter para el signo, KG, KM, KS = convergencia en grados, minutos y segundos.

La subrutina UTM determina las coordenadas UTM de un punto dado por las coordenadas geodésicas (φ, λ), así como el factor de escala y la convergencia de meridianos en dicho punto.

SUBROUTINE RESIDU(N,M,VAR)

N = número de incógnitas del ajuste

M = número de observaciones

VAR = varianza de peso unidad

V(I),I=1,M = vector de residuos

VP(I),I=1,M = vector de residuos ponderados

DIS(I),I=1,M = vector de distancias entre observaciones

IP(I),I=1,M = vector de claves de bloque para cada observación

IOAD(I),I=1,M = vector de claves de cada observación.

En esta subrutina se calculan los valores medios de los residuales de cada bloque de observaciones, de los residuales ponderados y residuales parcialmente tipificados, así como las desviaciones típicas y desviaciones típicas de las medias.

SUBROUTINE NORMAN(M,N)

M = número de relaciones de observación

N = número de incógnitas

La subrutina NORMAN forma la matriz normal a partir de las relaciones de observación, (Musio,

Tiene dos bloques COMMON,

COMMON/OBSERV/ A(5000,5),IA(5000,5),B(5000),KA(5000)

COMMON/SALIDA/C(300000),IC(2000),IB(2000),D(2000),KB(2000)

La subrutina NORMAL calcula la normal principal N de la elipse meridiana en el punto de cómputo de latitud LA.

SUBROUTINE INVEL1(L1,H1,L2,H2,EE,RA,DPI,ZE,ZV,DIC)

L1 = longitud del punto de estación

H1 = latitud del punto de estación

L2 = longitud del punto visado

H2 = latitud del punto visado

EE = excentricidad del elipsoide de referencia

RA = semieje mayor del elipsoide de referencia

DPI = 2π

ZE = acimut de la línea geodésica que une los puntos de estación y visado.

ZV = acimut de la línea geodésica que une los puntos visado y de estación

DIC = distancia sobre el elipsoide de referencia entre los puntos de estación y visado.

La subrutina INVEL1 resuelve el problema inverso de la geodesia geométrica sobre el elipsoide para grandes líneas geodésicas, según las fórmulas de Sodano

SUBROUTINE GRAD2(RAD,PI,DPI,ISC,G,LM,SEG)

La subrutina GRAD2 transforma un ángulo dado en radianes RAD en grados, minutos y segundos G, LM, SEG, sexagesimales si ISC = 0 y centesimales si ISC = 1.

SUBROUTINE UTM(LON,LAT,X,Y,HUSO,K,KC,KG,KM,CS)

LON = longitud del punto

LAT = latitud del punto

X,Y = coordenadas UTM del punto

HUSO = Huso del punto

siendo la matriz A, la matriz de coeficientes de las relaciones de observación, almacenándose únicamente los elementos distintos de cero. La matriz IA es el puntero que indica a que incógnitas multiplican los coeficientes de A. El vector B de términos independientes de las relaciones de observación y el vector KA que indica el número de elementos distintos de cero de cada relación de observación.

La matriz normal queda almacenada en forma vectorial en el vector C(I) de la siguiente manera. Únicamente quedan almacenados los elementos entre el elemento correspondiente de la diagonal principal y el último no nulo de la columna. Esto hace que sean ventajosas estructuras tipo banda en la matriz normal, con el fin de minimizar el número de elementos almacenados en el vector C. El vector IC identifica el número de elementos almacenados por columna en el vector C.

Consideremos el ejemplo. Sea la matriz normal

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 0 & 0.5 \\ & 2 & 1 & 0 \\ & & 3 & 0 \\ & & & 4 \end{pmatrix}$$

En este caso se tendría

$$\begin{aligned} C(1) &= 1 & C(2) &= 2 & C(3) &= 0.5 & C(4) &= 3 & C(5) &= 1 \\ C(6) &= 4 & C(7) &= 0 & C(8) &= 0 & C(9) &= 0.5 \\ IC(1) &= 1 & IC(2) &= 2 & IC(3) &= 2 & IC(4) &= 4 \end{aligned}$$

Si la matriz N fuese de la forma,

$$N = \begin{pmatrix} 1 & 0.5 & 0 & 0 \\ & 2 & 1 & 0 \\ & & 3 & 0.5 \\ & & & 4 \end{pmatrix}$$

- 241 -

C(1) = 1 C(2) = 2 C(3) = 0.5 C(4) = 3 C(5) = 1
C(6) = 4 C(7) = 0.5
IC(1) = 1 IC(2) = 2 IC(3) = 2 IC(4) = 2

En el vector D se almacenan los términos independientes del sistema normal.

SUBROUTINE FACTOR(N)

N = número de incógnitas

La subrutina FACTOR realiza la factorización de la matriz normal N según el algoritmo de Cholesky, dándose una llamada de error en el caso en que se encuentren elementos menores o iguales a cero en la diagonal principal al hacerse la factorización de N en dos matrices triangulares (Sevilla, M.J)

SUBROUTINE SOLN(N,X)

N = número de incógnitas

X = vector en el que se almacena la solución del sistema normal.

La subrutina SOLN hace la resolución del sistema normal una vez factorizado, como producto de dos matrices triangulares. La solución se almacena en el vector X(I), I=1,N.

SUBROUTINE INVERS(N,X)

N = número de incógnitas

La subrutina INVERS realiza la inversión de la matriz normal y almacena la matriz inversa en el mismo vector C de las normales.

SUBROUTINE DQVVP(K,T)

K = número de la relación de observación

T = valor del producto matricial $A_K C_{xx} A_K^T$, siendo A_K la fila K-ésima de la matriz de relaciones de observación y C_{xx} la matriz

de varianzas - covarianzas de las incógnitas.

SUBROUTINE COEFMT(N,NPE,NPV,X,I0,IP,E,A,NO,LOGE,LOGV,OB,PESO,C,
NULO)

La subrutina COEFMT es idéntica a la subrutina COEFOB que determinaba los coeficientes de las relaciones de observación, para las incógnitas en radianes. La subrutina COEFMT determina los coeficientes de las relaciones de observación considerando las incógnitas en metros.

SUBROUTINE ELIREL(EMM,NT0,NTV,EPP,TITUL)

EMM = error medio cuadrático de peso unidad

NT0 = número total de observaciones

NTV = número total de vértices

EPP = valor para el paso de elipses de error estandar a elipses de error de confianza a un cierto nivel de probabilidad

TITUL = título del trabajo.

La subrutina ELIREL determina las elipses de error relativas entre puntos observados.

10.7.- Programa CORDVN

El programa CORDVN escrito en Fortran IV y en aritmética de doble precisión en el ordenador FACOM del I.G.N., corrige las observaciones angulares de desviación de la vertical y las distancias por ondulación del geoide, creando un fichero de acceso secuencial con las observaciones ya corregidas y en el mismo formato que el fichero de observaciones de lectura.

Las sentencias 1 a 7 definen y dimensionan las variables de programa, siendo E2 la excentricidad y RA el semieje mayor del elipsoide de referencia.

La sentencia 8 hace la lectura de claves,

```
READ(5,100) IOA,IOD,IOND
```

```
FORMAT(3I5)
```

IOA = clave numérica que toma los valores 0, \neq 0. Si IOA = 0 se corrigen las observaciones angulares por desviación de la vertical, si IOA \neq 0 no se hace dicha corrección.

IOD = clave numérica que toma los valores 0, \neq 0. Si IOD = 0 se corrigen las observaciones de distancia por ondulación del geoide, si IOD \neq 0 no se hace esta corrección.

IOND = clave numérica que toma los valores 0, \neq 0. Si IOND = 0 se toman las ondulaciones del geoide con su signo, si IOND \neq 0, se cambia el signo de las ondulaciones del geoide.

Las sentencias 11 a 20 hacen la lectura de la tabla de vértices,

```
READ(5,102) N,RL,RF,AL,(TITUL(K),K=1,3)
```

```
102 FORMAT(I5,2F15.8,f10.3,3A8)
```

N = número de vértice

RL = longitud geodésica del vértice

NF = latitud geodésica del vértice

AL = altura del vértice

TITUL = nombre del vértice

La lectura de vértices acaba con ficha en blanco, almacenándose los datos en los vectores, NP(I) para los números, RLO(I) para las longitudes, RLA(I) para las latitudes y ALT(I) para las altitudes.

La variable NTV indica el número total de puntos o vértices.

Las sentencias 21 a 29 hacen la lectura de los datos de desviación de la vertical y ondulaciones del geoide de los puntos de la red,

```
READ(5,103) NQ(I),PSI(I),ETA(I),OND(I)
```

```
103  FORMAT(I10,3F10.2)
```

NQ(I) = número del punto dato en desviación de la vertical y ondulación del geoide.

PSI(I) = componente ξ de la desviación de la vertical

ETA(I) = componente η de la desviación de la vertical

OND(I) = ondulación del geoide.

El número de puntos dato en (ξ , η , N) es NTV1.

En la sentencia 30 se hace la lectura de las observaciones,

```
READ(5,104) NE,NV,OBS,PESO,RLONA,IP,IOAD
```

```
104  FORMAT(2I4,2X,F16.7,13X,F11.6,2X,F17.8,7X,2I2)
```

NE = número del punto de estación

NV = número del punto visado

OBS = valor de la observación

PESO = peso de la observación

RLONA = longitud astronómica del punto de estación (observaciones de acimut astronómico)

IP = claves de bloque de la observación

IOAD = clase de la observación

La lectura de observaciones termina con ficha o registro en blanco.

Las sentencias 39 a 65 hacen la identificación y control de las observaciones. La sentencia 66 llama a la subrutina INVEL1 que determina los acimutes directo y recíproco y la distancia entre el punto de estación y visado.

Las sentencias 67 a 77 hacen las correcciones por desviación de la vertical para las observaciones angulares, según la expresión,

$$DOB = -(\xi \sin(\lambda_{EV}) - \eta \cos(\lambda_{EV})) \tan(\beta_{EV})$$

λ_{EV} = acimut de la línea punto de estación punto visado

ξ, η = componentes de la desviación de la vertical en el punto de estación

β_{EV} = ángulo cenital entre los puntos de estación y visado, calculado por la expresión

$$\beta_{EV} = (AL2 - AL1)/D_{EV}$$

AL2 = altitud del punto visado

AL1 = altitud del punto de estación

D_{EV} = distancia entre los puntos de estación y visado

La corrección DOB en segundos se le suma a la observación angular.

La corrección de las distancias por la separación geoide-elipsoide se hace mediante las expresiones

$$DOB = - ONM D_{EV}/6371000$$

$$ONM = (ONM1 + ONM2)/2$$

ONM1 = ondulación del geoide en el punto de estación

ONM2 = ondulación del geoide en el punto visado.

La sentencia 78 escribe en un fichero secuencial la observación corregida o sin corregir, depende de las claves de entrada, y según sea la observación angular o de distancia, con el formato de entrada de observaciones 104.

El programa CORDVN utiliza la subrutina INVEL1 para el cálculo del problema inverso de la geodesia geométrica, ya explicada en el programa PROGCC1, y la función RAD2 para el paso de ángulos dados en grados, minutos y segundos a radianes, también comentada en el programa PROGCC1.

10.8.- Programa ABELI1

El programa ABELI1 escrito en Fortran IV en el ordenador FACOM del I.G.N. en aritmética de doble precisión realiza gráficos de redes geodésicas con la posibilidad de dibujar las elipses de error procedentes de una compensación.

Las sentencias 14 a 37 definen e inicializan las variables, así como los bloques COMMON.

La sentencia 43 hace la lectura de las variables generales del programa,

```
READ(5,500) CTE,CTEI,TITUL
```

```
500 FORMAT(2F10.6,A60)
```

CTE = escala para las elipses de error

CTEI = escala de dibujo

TITUL = título del trabajo

Las sentencias 49 a 63 hacen la lectura de uniones de la red,

```
READ(5,1003,end=999) NPE(L),NPV(L)
```

```
1003 FORMAT(2I10)
```

NPE(L) = número de punto de estación

NPV(L) = número de punto visado

Las sentencias 69 a 80 hacen la lectura del fichero de coordenadas y elipses de error,

```
READ(5,501) N,CON,CAT,NOM,A,B,GIRO
```

```
501 FORMAT(I7,F13.8,F15.8,A20,2F8.5,F9.6)
```

N = número del punto

CON = longitud del punto

A = semieje mayor de la elipse de error

B = semieje menor de la elipse de error

GIRO = acimut del semieje mayor de la elipse de error

La sentencia 77 hace la llamada a la subrutina GEOUT que transforma las coordenadas geodésicas en UTM, almacenándose los datos en,

NE(I) = N

X(I) = XA CTE1

Y(I) = YA CTE1

EA(I) = A CTE

EB(I) = B CTE

OR(I) = GIRO

NOMBRE(I) = NOM

siendo XA, YA las coordenadas UTM del punto en cuestión, calculadas con la subrutina GEOUT.

Las sentencias 109 a 115 determinan la X máxima y la X mínima así como la Y máxima y la Y mínima, dadas por XMAX,XMIN,YMAX,YMIN.

Las sentencias 122 a 146 determinan los incrementos $DX = XMAX - XMIN$ y $DY = YMAX - YMIN$, y la escala para que el dibujo se ajuste al tamaño del plotter y sea un número redondo.

Las sentencias 153 a 194 pasan las coordenadas UTM de los puntos a coordenadas dibujo, y utiliza la subrutina del sistema PLOT, SYMBOL y NUMBER para dibujar los puntos de la red, el nombre y el número del punto. En la sentencia 193 se llama a la subrutina ELIPSE que dibuja las elipses de error.

Las sentencias 200 a 206 dibujan el marco de la red y las 212 a 220 dibujan el nombre del trabajo y la escala.

Finalmente, las sentencias 227 a 253 dibujan las uniones u observaciones entre los vértices, haciéndose la identificación de los puntos de estación y visado en la tabla de estaciones por medio de la subrutina BUS.

Las subrutinas y funciones que utiliza el programa son:

SUBROUTINE GEOUT

La subrutina GEOUT transforma coordenadas geodésicas en UTM.

Tiene un bloque COMMON dado por

COMMON/OBV/ XA,YA,CON,CAT,NH

XA = coordenada X UTM

YA = coordenada Y UTM

CON = longitud geodésica

CAT = latitud geodésica

NH = número del huso del punto.

DOUBLE PRECISION FUNCTION RAD2(H,PI,ISC)

La función RAD2 transforma ángulos dados en grados, minutos y segundos, sexagesimales o centesimales, según ISC = 0 o ISC = 1 en radianes.

SUBROUTINE ELIPSE(XO,YO,GIRO,A,B)

La subrutina ELIPSE dibuja las elipses a partir de las coordenadas del centro XO,YO, el acimut del semieje mayor GIRO, los semiejes mayor y menor A y B.

SUBROUTINE GIRTRA(X,Y,CA,CB,XO,YO)

La subrutina GIRTRA realiza la traslación y el giro de la elipse que ha sido calculada centrada y sin girar. La matriz de rotación es,

$$R = \begin{pmatrix} CA & - CB \\ CB & CA \end{pmatrix}$$

y la traslación (XO,YO).

SUBROUTINE BUS(N,XB,YB,KL,MM)

N = número del punto en la observación o enlace

XB,YB = coordenadas del punto

KL = variable numérica, KL = 0 si el punto N no está en la tabla de vértices, KL = 1 en caso contrario.

MM = número de puntos de la red.

La subrutina BUS identifica y determina las coordenadas en la tabla de vértices de los puntos que definen los enlaces u observaciones.

Apéndice 1

Cambio de sistema de referencia.

La teoría de 1-formas diferenciales tiene aplicación directa a algunos problemas geodésicos, debido a la linealidad de aquellas y a trabajar en geodesia linealizando los problemas que a priori son no lineales. Un caso particular en donde las formas diferenciales facilitan cálculos muy laboriosos, es el problema de cambios de sistema de referencia que vamos a tratar a continuación.

En cada punto del espacio de interés geodésico podemos introducir el sistema de referencia E definido por los campos vectoriales, E_1 en el plano tangente al elipsoide homotético al de referencia que pasa por el punto en cuestión y dirigido hacia el Norte, E_2 en el mismo plano y dirigido hacia el Este y E_3 normal al elipsoide, de forma la terna (E_1, E_2, E_3) sea ortonormal y dextrógira. Sea $(\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ las 1-formas duales a los campos E_i , es decir, $\theta_j(E_i) = \delta_{ij}$. Definamos el sistema de referencia canónico euclídeo por $U = (U_1, U_2, U_3)$, siendo U_1 paralelo al ecuador del elipsoide y dirigido hacia el Norte, U_2 paralelo al ecuador del elipsoide y dirigido hacia el Este y U_3 paralelo al semieje menor o de revolución del elipsoide. Si se suponen los campos vectoriales U_i unitarios, la terna (U_1, U_2, U_3) es ortonormal y dextrógira, y sea $(\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3)$ las 1-formas duales de los campos U_i . Se sabe (Moritz, H, 1980), que E y U están ligados por la matriz de Frobenius A , dada por

$$\begin{aligned} U &= A E \\ E &= A^T U \end{aligned} \quad A = \begin{pmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \lambda & \cos \varphi \cos \lambda \\ -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda \\ \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \end{pmatrix}$$

siendo φ y λ la latitud y longitud geodésicas del punto.

La formulación dual nos dice que

$$(\theta_1, \theta_2, \theta_3) = A^T (\mu_1, \mu_2, \mu_3)$$

Consideremos ahora los campos vectoriales definidos de forma natural por las coordenadas (φ, λ, h) ,

$$e = (\partial/\partial\varphi, \partial/\partial\lambda, \partial/\partial h)$$

y las 1-formas diferenciales $(d\varphi, d\lambda, dh)$, duales de los campos e_i . Los campos vectoriales e y E están ligados por la matriz B ,

$$E = B e, \quad B = \begin{pmatrix} 1/(R_2+h) & 0 & 0 \\ 0 & 1/(R_1+h)\sec\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

y

$$e = B^{-1} E \quad B^{-1} = \begin{pmatrix} (R_2+h) & 0 & 0 \\ 0 & (R_1+h)\cos\varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

siendo R_1 y R_2 los radios de curvatura del elipsoide de referencia según las direcciones del meridiano y el paralelo respectivamente. De las relaciones anteriores se deduce la ecuación fundamental

$$\begin{pmatrix} -\sec\varphi \cos\lambda & -\sec\varphi \sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cos\lambda & \cos\varphi \sin\lambda & \sec\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (R_2+h)d\varphi \\ (R_1+h)\cos\varphi d\lambda \\ dh \end{pmatrix}$$

Se supondrá en lo que sigue que las variaciones de los parámetros que definen el DATUM geodésico, son cantidades de primer orden.

Vamos a estudiar la variación que sufren las coordenadas φ , λ , h , por una variación da , de^2 , de los parámetros semieje mayor y excentricidad, a y e^2 que definen la forma del elipsoide de referencia, por una traslación del origen del sistema de referencia, por una rotación de los ejes que definen el sistema de referencia y por un cambio de escala.

a.- Variación de las cantidades φ , λ , h por un cambio da , de^2 .

Sean x, y, z las coordenadas cartesianas relacionadas con φ , λ , h mediante las expresiones,

$$\begin{aligned}x &= (R_1 + h) \cos \varphi \cos \lambda \\y &= (R_1 + h) \cos \varphi \sin \lambda \\z &= (R_1 (1 - e^2) + h) \sin \varphi\end{aligned}$$

y por tanto,

$$\begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} = J_{a,e^2} \begin{pmatrix} da \\ de^2 \end{pmatrix}$$

siendo J_{a,e^2} la matriz Jacobiana de la transformación dada por

$$\begin{aligned}\partial x / \partial a &= R_1 \cos \varphi \cos \lambda / a \\ \partial x / \partial e^2 &= R_2 \sin^2 \varphi \cos \varphi \cos \lambda / 2(1 - e^2) \\ \partial y / \partial a &= R_1 \cos \varphi \sin \lambda / a \\ \partial y / \partial e^2 &= R_2 \sin^2 \varphi \cos \varphi \sin \lambda / 2(1 - e^2) \\ \partial z / \partial a &= R_1 (1 - e^2) \sin \varphi / a \\ \partial z / \partial e^2 &= (R_2 \sin^2 \varphi - 2R_1) \sin \varphi / 2\end{aligned}$$

y por tanto,

$$\begin{pmatrix} (R_2 + h)d\varphi \\ (R_1 + h)\cos\varphi d\lambda \\ dh \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\sin\varphi \cos\lambda & -\sin\varphi \sin\lambda & \cos\varphi \\ -\sin\lambda & \cos\lambda & 0 \\ \cos\varphi \cos\lambda & \cos\varphi \sin\lambda & \sin\varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} da \\ de^2 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R_1 \cos\varphi \cos\lambda / a & R_2 \sin^2\varphi \cos\varphi \cos\lambda / 2(1-e^2) \\ R_1 \cos\varphi \sin\lambda / a & R_2 \sin^2\varphi \cos\varphi \sin\lambda / 2(1-e^2) \\ R_1(1-e^2)\sin\varphi / a & (R_2 \sin^2\varphi - 2R_1)\sin\varphi / a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} da \\ de^2 \end{pmatrix}$$

obteniéndose finalmente,

$$(R_2 + h)d\varphi = -(R_1 e^2 \sin\varphi \cos\varphi da + R_1 \sin\varphi \cos\varphi de^2) / a$$

$$(R_1 + h)\cos\varphi d\lambda = 0$$

$$dh = (R_1(1-e^2)\sin^2\varphi da - R_1 \sin^2\varphi de^2) / a$$

con los valores R_1 y R_2 dados por

$$R_1 = a / (1 - e^2 \sin^2\varphi)^{1/2}$$

$$R_2 = a(1 - e^2) / (1 - e^2 \sin^2\varphi)^{3/2}$$

b.- Variación de φ , λ , h por una traslación del origen del sistema de referencia.

Sea (dx_0, dy_0, dz_0) la variación del origen del sistema de referencia, entonces

$$(dx, dy, dz) = (dx_0, dy_0, dz_0)$$

y aplicando la ecuación fundamental se tiene directamente

$$(R_1 + h)d\varphi = -\sin\varphi \cos\lambda dx_0 - \sin\varphi \sin\lambda dy_0 + \cos\varphi dz_0$$

$$(R_2 + h)\cos\varphi d\lambda = -\sin\lambda dx_0 + \cos\lambda dy_0$$

$$dh = \cos\varphi \cos\lambda dx_0 + \cos\varphi \sin\lambda dy_0 + \sin\varphi dz_0$$

c.- Variación de Ψ , λ , h debida a una rotación infinitesimal de los ejes del sistema de referencia.

Para una rotación infinitesimal definida por los ángulos w_1 , w_2 y w_3 , se puede escribir la transformación en la forma,

$$\begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & w_3 & -w_2 \\ -w_3 & 0 & w_1 \\ w_2 & -w_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

considerando las rotaciones w_1 , w_2 y w_3 alrededor de los ejes x , y , z respectivamente. Sustituyendo x, y, z por sus valores en función de Ψ , λ , h se tiene

$$\begin{aligned} dx &= w_3(R_1+h)\cos\Psi\sin\lambda - w_2(R_1(1-e^2)+h)\sin\Psi \\ dy &= -w_3(R_1+h)\cos\Psi\cos\lambda + w_1(R_1(1-e^2)+h)\sin\Psi \\ dz &= w_2(R_1+h)\cos\Psi\cos\lambda - w_1(R_1(1-e^2)+h)\cos\Psi\sin\lambda \end{aligned}$$

Sustituyendo en la ecuación fundamental tenemos,

$$\begin{aligned} (R_2+h)d\Psi &= (a^2/R_1+h)(w_2\cos\lambda - w_1\sin\lambda) \\ (R_1+h)\cos\Psi d\lambda &= (R_1(1-e^2)+h)\sin\Psi(w_2\sin\lambda + w_1\cos\lambda) - \\ &\quad - w_3(R_1+h)\cos\Psi \\ dh &= (w_2\cos\lambda - w_1\sin\lambda)e^2R_1\sin\Psi\cos\Psi \end{aligned}$$

d.- Variación de Ψ , λ , h por un cambio en la escala del modelo.

Las variaciones dx, dy, dz pueden escribirse en este caso

$$\begin{pmatrix} dx \\ dy \\ dz \end{pmatrix} = dL \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = dL \begin{pmatrix} (R_1+h)\cos\Psi\cos\lambda \\ (R_1+h)\cos\Psi\sin\lambda \\ (R_1(1-e^2)+h)\sin\Psi \end{pmatrix}$$

y aplicando la ecuación fundamental se tiene

$$(R_1+h)d\varphi = e^2 R_1 \sin \varphi \cos \varphi dL$$

$$(R_2+h)\cos \varphi d\lambda = 0$$

$$dh = (R_1(1-e^2 \sin^2 \varphi) + h)dL$$

Ahora bien, $h = H + N$, siendo H la cota ortométrica y N la ondulación del geoides. Puesto que la cota ortométrica no varía con el cambio de DATUM se tiene que $dh = dN$, y reuniendo las expresiones anteriores podemos escribir la variación de N en función de las cantidades de primer orden, da , de^2 , dx_0 , dy_0 , dz_0 , w_1 , w_2 , w_3 , dL , resultando

$$\begin{aligned} dN = & \frac{R_1(1-e^2 \sin^2 \varphi)}{a} da - \frac{R_1}{a} \sin^2 \varphi de^2 + \cos \varphi \cos \lambda dx_0 + \\ & + \cos \varphi \sin \lambda dy_0 + \sin \varphi dz_0 + \\ & + (w_2 \cos \lambda - w_1 \sin \lambda) e^2 R_1 \sin \varphi \cos \varphi + (R_1(1-e^2 \sin^2 \varphi) + h)dL \end{aligned}$$

Apéndice 2.

Precisión de las observaciones espaciales.

Este apéndice dedicado a la precisión de las técnicas espaciales para fines geodésicos, y muy particularmente para la determinación del geoide, está basado en las experiencias obtenidas por el autor de la memoria, en el tratamiento de datos de procedencia de observaciones a satélites del sistema TRANSIT con métodos doppler y de experiencias efectuadas en Alemania Federal con observaciones de interferometría de corta base en la red de primer orden.

El tema de la precisión de las determinaciones doppler ha sido frecuentemente tratado en la literatura geodésica, pero no se han dado soluciones definitivas, puesto que depende de muchos factores que varían sustancialmente. Vamos aquí a enumerar algunos de ellos desde el punto de vista de los resultados obtenidos en España.

Según se ha dicho en varias ocasiones a lo largo de este trabajo, las técnicas de observación doppler permiten obtener la ondulación del geoide respecto del sistema de referencia utilizado para el cálculo de las coordenadas del punto de estación, esto es, del sistema de referencia definido por las propias órbitas de los satélites TRANSIT alrededor de la tierra. La observación de un punto permite determinar las coordenadas cartesianas $(X, Y, Z)_D$ respecto del sistema S_D . Estas coordenadas cartesianas pueden ser transformadas a coordenadas geodésicas $(\varphi, \lambda, h)_D$, y conocida la cota ortométrica del punto H por nivelación, la ondulación del geoide respecto a S_D viene dada por

$$N_D = h_D - H.$$

Luego el error en la determinación de la cota geoide-elipsoide respecto a S_D es

$$s(N_D) = \sqrt{s^2(h_D) + s^2(H)}$$

supuestas independientes h_D y H , lo que en realidad sucede, puesto que provienen de fuentes de información distintas. La evaluación objetiva de $s(h_D)$ y $s(H)$ no es sencilla, más en un país como España, en el que nunca se ha hecho un análisis serio de la red de nivelación geométrica de alta precisión, sucediendo además que las nivelaciones de las distintas zonas proceden de épocas muy distintas y sin ningún nexo de unión, pues el control mareográfico no existe. Por otra parte la nivelación trigonométrica de las redes de tercer orden pueden ofertar precisiones locales, nunca globales, y la aplicación de estas técnicas espaciales es de carácter global, al menos a nivel nacional. Pongamos un ejemplo concreto de esta situación. El vértice Lagoa situado en Galicia es una estación de la red doppler, al realizar la transformación del sistema NWL9D utilizado para la reducción de las observaciones con efemérides precisas, al sistema geodésico ED79, se han encontrado residuos después de la transformación en la altitud del orden de los seis metros, lo que hace suponer que existe un error muy serio y del orden de los diez metros, bien en h_D o en la cota ortométrica H , no habiéndose podido dar todavía una solución del problema. Esto nos indica la lamentable situación de las ciencias geodésicas en España, pues hechos como este son inauditos en cualquier país europeo.

Las observaciones doppler que se están efectuando con gran profusión en nuestro país con receptores J.M.R. y software para procesar la información de la misma casa comercial, reducidas con efemérides precisas y calculadas con la técnica del punto aislado, están dando errores totalmente incontrolados, como demuestra la repetibilidad de observaciones en un mismo punto, encontrándose discrepancias de más de cinco metros en muchas ocasiones. Las causas de tal situación son varias y vamos a enunciarlas brevemente,

(i) No se ha hecho un seguimiento racional del estado de los receptores en cuanto a su frecuencia y su estabilidad en el tiempo, y es presumible que desde su vuelta de Guinea, en donde trabajaron en condiciones lamentables de humedad, el funcionamiento de los receptores ha sido malo y evidentemente inservibles para las precisiones exigidas en geodesia, inferiores a 0.50 metros. También el envejecimiento de los cuarzos que controlan la frecuencia, al tener estos aparatos una vida de más de diez años resta mucha fiabilidad a los resultados obtenidos.

(ii) El software utilizado para el tratamiento de las observaciones es antiguo y malo, habiéndose localizado graves defectos en los programas, que los hacen inservibles para fines geodésicos.

(iii) Los parámetros de precisión dados en el cálculo de una estación son inservibles, puesto que dependen del número de pasos útiles procesados, es decir, del número de días que está funcionando el receptor en una misma estación. Así para 60 pasos útiles se obtienen precisiones en la determinación de las coordenadas del orden de los 0.80 metros, pero para 300 pasos útiles, se obtienen precisiones del orden de los 0.20 metros. Esta información

es falsa y no describe los graves errores sistemáticos debidos tanto al estado de los receptores como a la determinación de la órbita y a la corrección troposférica.

(iv) La repetibilidad de las observaciones ha demostrado la falta de consistencia de los parámetros de precisión deducidos de los cálculos individuales de cada punto.

Ante esta caótica situación, solamente podemos decir que para fines geodésicos, tanto de control de redes planimétricas, como altimétricas y de geoide, los resultados obtenidos con la aplicación indiscriminada de las técnicas doppler no son válidos, menos lo que se está haciendo en la actualidad. Ahora bien, esto no significa que las técnicas doppler no puedan ofertar precisiones que sean válidas para trabajos geodésicos en distancias inferiores a 1000 kms, pero sí han de cumplir ciertos requisitos que pueden resumirse en: perfecto estado de los receptores, modelos adecuados para las correcciones atmosféricas y un software adecuado también para el proceso de las observaciones. Si estos requisitos se verifican se puede hablar de precisiones inferiores a 1 parte por millón en distancias de 500 kilómetros, lo que evidentemente serviría de control tanto para redes planimétricas como para geoide.

Los tests efectuados en España a las observaciones doppler se pueden resumir en, comparación de coordenadas procedentes de la compensación de la red de primer orden en el sistema geodésico ED79, con coordenadas obtenidas por observación a satélites TRANSIT reducidas con efemérides de precisión y calculadas en el sistema NWL9D, y en la compensación de la red de traslación

doppler. Discutimos a continuación brevemente los resultados obtenidos, que nos pueden dar una idea de la bondad de las observaciones por técnicas doppler en España.

a.- Comparación de los sistemas geodésicos ED79 y NWL9D.

El sistema geodésico ED79 proviene de la nueva compensación de la red europea de triangulación con DATUM Munich y elipsoide internacional como superficie de referencia. En este cálculo han entrado las nuevas observaciones tanto de distancias láser y microondas como acimutes astronómicos, que garantizan el control en orientación y escala de esta nueva versión de la red de triangulación de Europa.

Por otra parte en España se ha participado en distintas campañas de observación a satélites TRANSIT dentro de proyectos internacionales tales como, Lesard (1976), EDOC II (1977), Seasat (1978), Edoref (1978), etc. Se tiene por tanto una red de orden cero de puntos coincidentes con vértices geodésicos o enlazados con la red de primer orden, en donde se han efectuado observaciones doppler, tanto por punto aislado como por traslocación.

La observación de un vértice geodésico por punto aislado da como producto final las coordenadas del centro receptor de la antena respecto de un sistema tridimensional que depende de las efemérides utilizadas para el cálculo, es decir, de la propia definición de la órbita del satélite. En España se han utilizado efemérides precisas para los cálculos por punto aislado, y por tanto el sistema geodésico respecto del cual se han calculado las coordenadas de los puntos o vértices estacionados es el NWL9D.

Se tienen por tanto coordenadas en puntos coincidentes respecto de dos sistemas de referencia distintos. Un test inmediato para investigar la precisión de las coordenadas en cuestión, y por tanto de los métodos de observación utilizados es relacionar ambos sistemas de referencia y determinar los parámetros de transformación (capítulo 2).

Existen varios problemas de tipo práctico al establecer la transformación entre ambos sistemas de referencia, más en el caso de España en donde no existen garantías suficientes en la red de nivelación de alta precisión, ni en la determinación de las cotas geoide-elipsoide necesarias para tener respecto del sistema geodésico verdaderas alturas respecto del elipsoide de referencia. Estos problemas salen a relucir de forma ostensible en los cálculos que se citan a continuación.

En la tabla 1 se dan las coordenadas de los vértices en el sistema NWL9D y en el sistema geodésico ED79, siendo las altitudes de los vértices procedentes, bien de nivelación de alta precisión que arranca de alguna línea con cota, o dadas por nivelación trigonométrica y la ondulación del geoide calculada a partir de la carta de Levallois, 1978. La figura 1 da la situación de los puntos que definen la transformación.

En la tabla 2 se dan los resultados del ajuste, es decir, los valores de los 7 parámetros de transformación, la traslación (X_0, Y_0, Z_0), el factor de escala (ESCALA) y la rotación (W_1, W_2, W_3). Las coordenadas del baricentro X_M, Y_M, Z_M puesto que se utiliza el método de Badekas-Molodenskii para determinar dichos parámetros. La matriz de varianzas-covarianzas del ajuste, la desviación típica

ca y la varianza del ajuste de peso unidad en metros y por último las desviaciones típicas de los parámetros estimados. La desviación típica es de 1.54 metros, lo que nos indica el orden de precisión en que nos movemos.

Por último en la tabla 3 se dan los residuales después de la transformación, en segundos y metros para la latitud y longitud y en metros para la altitud, teniendo en el punto Lagoa un residual en altitud de -4.59 metros, que indica según dijimos antes la existencia de un error importante bien en la altitud del punto sobre el elipsoide en el sistema ED79, o bien una mala determinación doppler.

b.- Compensación de la red de traslocación.

En la figura 2 se da la red de traslocación doppler de España con las observaciones entre los puntos de esta red. La compensación se ha efectuado por el método de variación de coordenadas en un marco tridimensional con la siguiente información: Las coordenadas respecto al sistema WGS72 de los diferentes puntos que componen la red, y por otra parte para cada traslocación se tienen como cantidades observables la distancia espacial, el acimut y la diferencia de altitudes entre los puntos que definen la traslocación.

En la tabla 4 se dan las coordenadas aproximadas de los puntos de la red, las observaciones se dan en la tabla 5, siendo la clave 1 para observaciones de distancia, la clave 2 para observaciones de acimut y la clave 4 para las diferencias de altitud.

La red de traslocación presenta las siguientes características,

nº puntos aproximados	17
nº puntos fijos	1
nº de incógnitas	51
nº de observaciones	94
nº grados de libertad	43

Se ha tomado como punto fijo Villafranca (9999) que está centrado en la Península Ibérica.

En la tabla 5 se dan las variaciones de las coordenadas aproximadas por el ajuste, dándose en la tabla 7 las coordenadas compensadas.

En la tabla 8 se dan los residuos tanto ponderados como sin ponderar del ajuste.

En la tabla 9 se dan los errores de las observaciones en metros y los residuales tipificados.

El error medio cuadrático del ajuste de peso unidad es

$$\hat{s}_0 = 0.746 \text{ metros}$$

y en la tabla 10 se dan los errores medios de las incógnitas del ajuste, es decir, las coordenadas de los puntos aproximados que son en general inferiores a 1 metro.

Por último se ha efectuado el test de Pope para detección de errores groseros no encontrándose ningún error en las observaciones a un nivel de probabilidad del 95%.

Estos resultados confirman que la precisión en las coordenadas obtenidas por técnicas de traslocación y métodos doppler puede estimarse en el orden de 1 metro.

En cuanto a técnicas de interferometría de corta y media base con observación a satélites GPS no existen en España experiencias en la actualidad. En Alemania Federal se han realizado experiencias en estas técnicas con la observación sobre la red de primer orden con el macrómetro V-1000, en los años 1984 y 1985. Esta red formada por 6 vértices dada en el gráfico 3 es la que vamos a tomar de base para el análisis de la precisión ofertada por estas nuevas técnicas de observación que en un futuro no muy lejano, han de revolucionar la geodesia en base a las precisiones ya obtenidas y las esperadas cuando la constelación de satélites GPS esté completa y los aparatos receptores trabajen con dos frecuencias a fin de eliminar lo más posible los efectos perturbadores de la atmósfera. (Schwintzer, P. y otros, 1985)

En la tabla 11 se dan las coordenadas aproximadas de los puntos de la red.

Las observaciones dadas inicialmente por los incrementos de X, Y, Z en un marco tridimensional, del punto de estación respecto del punto de observación o visado, han sido convenientemente transformadas a observaciones de tipo geodésico, acímut, distancia y diferencias de altitud. Las observaciones entre los puntos de la red se dan en la tabla 12, siendo al igual que antes la clave 1 para distancias, 2 para acímutes y 4 para diferencias de altitud.

La compensación de la red se ha hecho en hipótesis de red libre, es decir, sin puntos fijos ni condiciones, utilizándose el método de constreñimientos internos minimales para la determinación de la matriz pseudoinversa. El defecto de rango de la matriz de configuración de la red es 3, puesto que la rotación

y la escala están determinadas por las propias observaciones de distancia y acimut. Por tanto, el ajuste tiene 18 incógnitas, 36 observaciones y $36 - 18 + 3$ grados de libertad.

La compensación se ha hecho buscando la varianza de peso unidad igual a la unidad, para lo que se han dado las siguientes desviaciones típicas a priori para las observaciones,

$s_A = 0.45$ segundos para las observaciones de acimut

$s_{D,H} = 0.045$ metros para las observaciones de distancia y diferencia de altitud.

Los resultados del ajuste en estas condiciones se pueden resumir en:

En la tabla 13 se da la variación de las coordenadas aproximadas en metros. En la tabla 14 se dan las coordenadas compensadas de la red.

La desviación típica del ajuste de peso unidad ha sido $\hat{s}_0 = 1.0336$, verificándose el test F entre el radio de la varianza a priori y la varianza a posteriori.

En la tabla 14 se dan los errores medios cuadráticos en la determinación de las incógnitas del ajuste, es decir, las coordenadas de los puntos de la red, y que como se puede observar, están en el orden de los 3 centímetros, levemente por debajo de los obtenidos por los métodos clásicos de triangulación en la red de Alemania, lo que nos indica las grandes posibilidades geodésicas de estas nuevas técnicas de observación como control de redes de triangulación, altimétricas y de geoide. Pensemos que con la constelación completa GPS (Global Positioning System) de 20 satélites y receptores trabajando con dos frecuencias se esperan precisiones diez veces mayores, es decir, de unos 5 milímetros en

bases de hasta 100 kms.

En la tabla 15 se dan los residuos de las observaciones que están de acuerdo con las precisiones antes mencionadas, y ponen de manifiesto la bondad de las observaciones, y que los errores internos del método están de acuerdo con los obtenidos en el ajuste. Hecho importante y que demuestra la fiabilidad de estas técnicas de observación.

Finalmente la tabla 16 da los errores medios de las observaciones y los residuales tipificados, no rechazando el test de Pope de detección de errores groseros ninguna observación a un nivel de probabilidad del 95%.

Con este breve resumen hemos intentado dar una visión general sobre las experiencias obtenidas por el autor de esta memoria en el tratamiento de la información de los satélites artificiales en nuestro país.

2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030 2031 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040 2041 2042 2043 2044 2045 2046 2047 2048 2049 2050 2051 2052 2053 2054 2055 2056 2057 2058 2059 2060 2061 2062 2063 2064 2065 2066 2067 2068 2069 2070 2071 2072 2073 2074 2075 2076 2077 2078 2079 2080 2081 2082 2083 2084 2085 2086 2087 2088 2089 2090 2091 2092 2093 2094 2095 2096 2097 2098 2099 2100 2101 2102 2103 2104 2105 2106 2107 2108 2109 2110 2111 2112 2113 2114 2115 2116 2117 2118 2119 2120 2121 2122 2123 2124 2125 2126 2127 2128 2129 2130 2131 2132 2133 2134 2135 2136 2137 2138 2139 2140 2141 2142 2143 2144 2145 2146 2147 2148 2149 2150 2151 2152 2153 2154 2155 2156 2157 2158 2159 2160 2161 2162 2163 2164 2165 2166 2167 2168 2169 2170 2171 2172 2173 2174 2175 2176 2177 2178 2179 2180 2181 2182 2183 2184 2185 2186 2187 2188 2189 2190 2191 2192 2193 2194 2195 2196 2197 2198 2199 2200 2201 2202 2203 2204 2205 2206 2207 2208 2209 2210 2211 2212 2213 2214 2215 2216 2217 2218 2219 2220 2221 2222 2223 2224 2225 2226 2227 2228 2229 2230 2231 2232 2233 2234 2235 2236 2237 2238 2239 2240 2241 2242 2243 2244 2245 2246 2247 2248 2249 2250 2251 2252 2253 2254 2255 2256 2257 2258 2259 2260 2261 2262 2263 2264 2265 2266 2267 2268 2269 2270 2271 2272 2273 2274 2275 2276 2277 2278 2279 2280 2281 2282 2283 2284 2285 2286 2287 2288 2289 2290 2291 2292 2293 2294 2295 2296 2297 2298 2299 2300 2301 2302 2303 2304 2305 2306 2307 2308 2309 2310 2311 2312 2313 2314 2315 2316 2317 2318 2319 2320 2321 2322 2323 2324 2325 2326 2327 2328 2329 2330 2331 2332 2333 2334 2335 2336 2337 2338 2339 2340 2341 2342 2343 2344 2345 2346 2347 2348 2349 2350 2351 2352 2353 2354 2355 2356 2357 2358 2359 2360 2361 2362 2363 2364 2365 2366 2367 2368 2369 2370 2371 2372 2373 2374 2375 2376 2377 2378 2379 2380 2381 2382 2383 2384 2385 2386 2387 2388 2389 2390 2391 2392 2393 2394 2395 2396 2397 2398 2399 2400 2401 2402 2403 2404 2405 2406 2407 2408 2409 2410 2411 2412 2413 2414 2415 2416 2417 2418 2419 2420 2421 2422 2423 2424 2425 2426 2427 2428 2429 2430 2431 2432 2433 2434 2435 2436 2437 2438 2439 2440 2441 2442 2443 2444 2445 2446 2447 2448 2449 2450 2451 2452 2453 2454 2455 2456 2457 2458 2459 2460 2461 2462 2463 2464 2465 2466 2467 2468 2469 2470 2471 2472 2473 2474 2475 2476 2477 2478 2479 2480 2481 2482 2483 2484 2485 2486 2487 2488 2489 2490 2491 2492 2493 2494 2495 2496 2497 2498 2499 2500 2501 2502 2503 2504 2505 2506 2507 2508 2509 2510 2511 2512 2513 2514 2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535 2536 2537 2538 2539 2540 2541 2542 2543 2544 2545 2546 2547 2548 2549 2550 2551 2552 2553 2554 2555 2556 2557 2558 2559 2560 2561 2562 2563 2564 2565 2566 2567 2568 2569 2570 2571 2572 2573 2574 2575 2576 2577 2578 2579 2580 2581 2582 2583 2584 2585 2586 2587 2588 2589 2590 2591 2592 2593 2594 2595 2596 2597 2598 2599 2600 2601 2602 2603 2604 2605 2606 2607 2608 2609 2610 2611 2612 2613 2614 2615 2616 2617 2618 2619 2620 2621 2622 2623 2624 2625 2626 2627 2628 2629 2630 2631 2632 2633 2634 2635 2636 2637 2638 2639 2640 2641 2642 2643 2644 2645 2646 2647 2648 2649 2650 2651 2652 2653 2654 2655 2656 2657 2658 2659 2660 2661 2662 2663 2664 2665 2666 2667 2668 2669 2670 2671 2672 2673 2674 2675 2676 2677 2678 2679 2680 2681 2682 2683 2684 2685 2686 2687 2688 2689 2690 2691 2692 2693 2694 2695 2696 2697 2698 2699 2700 2701 2702 2703 2704 2705 2706 2707 2708 2709 2710 2711 2712 2713 2714 2715 2716 2717 2718 2719 2720 2721 2722 2723 2724 2725 2726 2727 2728 2729 2730 2731 2732 2733 2734 2735 2736 2737 2738 2739 2740 2741 2742 2743 2744 2745 2746 2747 2748 2749 2750 2751 2752 2753 2754 2755 2756 2757 2758 2759 2760 2761 2762 2763 2764 2765 2766 2767 2768 2769 2770 2771 2772 2773 2774 2775 2776 2777 2778 2779 2780 2781 2782 2783 2784 2785 2786 2787 2788 2789 2790 2791 2792 2793 2794 2795 2796 2797 2798 2799 2800 2801 2802 2803 2804 2805 2806 2807 2808 2809 2810 2811 2812 2813 2814 2815 2816 2817 2

ELFSOLIVE TIAA-0.1 SERIAL# 6378368.000 EXCENTRICIDAL: 0.0667227

COURDENADAS DUPLER				COURDENADAS GEODESICAS				
1038	362734.90	-61220.41	81.99	362735.67	-61215.50	-1.70	-4.73	-4.91-83.69
3025	403317.81	-35611.71	981.18	403322.12	-35906.71	911.80	-4.31	-5.00-64.38
100	3642 6.50	-25027.58	59.83	364211.49	-25022.86	-16.60	-4.59	-4.72-76.63
164	433315.77	-81424.48	360.88	433320.05	-81420.81	280.20	-4.28	-5.07-80.68
269	41 3344.23	11011.58	121.93	41 338.30	11016.01	61.30	-0.07	-4.43-60.63
70	365941.37	-35832.61	744.37	365945.85	-35827.69	671.40	-4.48	-4.92-73.17
56	404142.54	-32030.60	864.94	404146.90	-32011.76	607.60	-4.36	-5.04-77.54
212	42 419.45	-12152.71	689.85	42 423.59	-12147.66	627.50	-4.14	-5.03-61.55
10	42 415.69	-52523.72	885.21	42 130.15	-52318.37	812.70	-4.26	-5.35-72.51
47	421327.86	-35252.74	1006.60	421332.11	-35247.59	937.60	-4.23	-5.15-69.00
1	433516.66	-55102.51	147.38	433920.80	-55056.92	78.66	-4.12	-5.39-68.72
194	415054.64	-72650.45	1141.03	415059.24	-71925.01	1066.30	-4.40	-5.44-74.73
15	4046 0.67	-53653.47	1055.23	4049 5.08	-53648.27	980.90	-4.41	-5.20-74.43
5000	36 2 0.24	-53339.06	258.76	36 2 4.99	-53334.24	184.30	-4.75	-4.84-74.46

Tabla 1

VALORES DE LOS PARAMETROS

X/- -0.80481220+02 Y/- -0.11379805+03 Z/- -0.12042445+03
ESCALA= 0.67605120+05
W1= -0.15357670+01 W2= -0.12363170+01 W3= 0.11274879+01

BARICENTRO AM = 4836800.916 VM = -374041.247 ZM = 4115497.621

MATRIZ DE VARIANZAS-COVARIANZAS

0.156089660+00	0.177801550+30	-0.123122920+29	-0.191089580+26	0.599476990+16	0.600533330+15	-0.355056050+17
0.177801550+30	0.158689660+00	0.690687650+30	0.164756670+27	0.120842160+14	-0.479030940+16	-0.104413900+14
-0.123122920+29	0.690687650+30	0.158689660+00	-0.191371210+26	0.514536540+16	-0.599110070+15	-0.459069650+16
-0.191089580+26	0.164756670+27	-0.191371210+26	0.1522095300+23	0.609376940+30	0.135686490+27	0.163449020+30
0.599476990+16	0.120842160+14	0.514536540+16	0.609376940+30	0.137661720+00	-0.262050120+02	-0.413174970+01
0.600533330+15	-0.479030940+16	-0.599110070+15	0.135686490+27	-0.262050120+02	0.984982380+01	0.504351150+02
-0.355056050+17	-0.104413900+14	-0.459069650+16	0.163449020+30	-0.413174970+01	0.504351150+02	0.116612720+00

DESVIACION TIPICA : 0.153994030+01

VARIANZA DEL AJUSTE : 0.237141600+01

DES. TIPICAS : 0.3576050+00 0.3976050+00 0.3976050+00 0.1233730+05 0.3710550+00 0.3136320+00 0.3414860+00

Tabla 2

..... COMPENSACION DE LA RED DE TRASLOCACION DOPPLER ESPANOLA

COORDENADAS CARTESIANAS APROXIMADAS

#RO	NOMBRE VERTICE	X	Y	Z
79	VILLAFRANCA	4049916.710	-354991.022	4119922.493
79	LADRA	4502191.446	-663626.643	4372594.750
79	BADON	5113595.476	-253764.696	3790963.490
79	SALOU	4015348.640	90330.653	4167493.650
79	JAVAILIN	4876116.934	-120762.011	4096615.703
79	CARCHE	5003151.410	-101675.007	3943627.443
79	BINIAC	4085027.691	357199.760	4071006.066
79	CALA MANACOR	4917574.653	266715.629	4030212.007
79	OLA	4905012.479	133607.047	3963556.054
79	PAID	4952328.773	-344192.379	3992342.892
79	SAN FERNANDO	5105464.156	-255136.493	3769006.604
79	CASAR	4836606.701	-290451.323	4137390.927
79	CAGLIARI	4085375.971	703712.778	4011569.325
79	PREST	4226761.703	-333290.953	4767267.454
79	BONDERUX	4523949.530	-11676.922	4401177.145
79	GRASSE	4581874.835	556317.766	4300153.248
79	CUMBERA	4025690.156	-716475.077	4095049.421
79	ALTOS DE GALAPAGAR	4041002.355	-337440.945	4125039.903

Tabla 4

TABLA DE OBSERVACIONES • HOJA 1

NUMERO DE ORDEN	ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
1	164	9999	495537.4561144	1.000000	0	1
2	164	9999	278.444.3074	1.000000	0	4
3	269	9999	516.9636266	1.000000	0	4
4	100	9999	347.1336021	1.000000	0	2
5	100	9999	426287.4181234	1.000000	0	2
6	100	9999	579.7643752	1.000000	0	4
7	269	164	292.4704506	1.000000	0	4
8	269	100	217.0036067	1.000000	0	2
9	269	100	595563.3837602	1.000000	0	2
10	269	100	-60.0044200	1.000000	0	4
11	164	100	147.0312902	1.000000	0	2
12	164	100	688670.3040752	1.000000	0	2
13	100	70	336.5512068	1.000000	0	1
14	100	70	273383.6445221	1.000000	0	1
15	100	70	678.1017577	1.000000	0	4
16	70	38	215.4109696	1.000000	0	2
17	70	38	342688.7584898	1.000000	0	4
18	70	38	-662.7242097	1.000000	0	4
19	666	555	57.4250577	1.000000	0	2
20	666	555	183204.3562982	1.000000	0	4
21	666	555	-162.9901748	1.000000	0	4
22	152	666	123.2304708	1.000000	0	2
23	152	666	-1690.2975539	1.000000	0	2
24	152	555	99.1349605	1.000000	0	4
25	152	555	414011.2784317	1.000000	0	2
26	152	555	-1654.1006839	1.000000	0	2
27	152	997	92.1259231	1.000000	0	4
28	152	997	678790.8843460	1.000000	0	2
29	152	997	-1340.3127596	1.000000	0	4
30	525	997	38.3736027	1.000000	0	2
31	525	997	84630.1838402	1.000000	0	4
32	525	997	112.1488852	1.000000	0	2
33	525	997	11.2738573	1.000000	0	4
34	666	997	267823.6037119	1.000000	0	2
35	666	997	-63.0737118	1.000000	0	4
36	127	555	71.0723418	1.000000	0	2
37	127	555	408800.1164549	1.000000	0	4
38	127	555	-1340.082478	1.000000	0	2
39	127	666	234021.7098574	1.000000	0	4
40	127	666	-1175.7764894	1.000000	0	2
41	164	222	26.5228498	1.000000	0	4
42	164	222	611881.4681502	1.000000	0	2
43	164	222	-249.0498572	1.000000	0	4
44	164	222	71.5845617	1.000000	0	2
45	164	222	6634.99.8411372	1.000000	0	4
46	164	222	372976.8237670	1.000000	0	2
47	9999	230	267.2455849	1.000000	0	1
48	9999	230	302819.3673609	1.000000	0	1
49	9999	230	-462.6222705	1.000000	0	4
50	9999	230				

tabla 5

TABLA DE OBSERVACIONES • HOJA 2

NUMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO DE VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	PESO A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
51	100	230	310.0917488	1.000000	0	2
52	100	230	624069.7641690	1.000000	0	1
53	100	230	114.4254000	1.000000	0	1
54	269	224	55.4831756	1.000000	0	2
55	269	224	559817.9482571	1.000000	0	1
56	269	224	1194.7105921	1.000000	0	1
57	269	223	442119.3626511	1.000000	0	1
58	223	222	320.5152981	1.000000	0	2
59	223	222	511176.7500760	1.000000	0	1
60	223	222	37.3302677	1.000000	0	1
61	223	224	100.2649435	1.000000	0	2
62	223	224	578319.2827499	1.000000	0	1
63	269	679	104.1036192	1.000000	0	2
64	269	679	708371.5178028	1.000000	0	1
65	269	679	6.5818494	1.000000	0	1
66	224	679	159.1645036	1.000000	0	2
67	224	679	535141.2661469	1.000000	0	1
68	224	679	-1186.1206427	1.000000	0	1
69	9999	223	30.4750275	1.000000	0	2
70	9999	223	586740.3351975	1.000000	0	1
71	9999	223	-587.2736957	1.000000	0	1
72	36	70	194335.5619988	1.000000	0	1
73	36	152	178022.7132903	1.000000	0	2
74	36	152	865.6644654	1.000000	0	1
75	36	152	115.1158731	1.000000	0	1
76	269	997	284612.0408467	1.000000	0	2
77	269	997	75.7386962	1.000000	0	1
78	269	997	166.2961163	1.000000	0	2
79	955	9999	12845.8780784	1.000000	0	1
80	955	9999	-345.027220	1.000000	0	1
81	955	9999	237.1923322	1.000000	0	4
82	955	9999	51730.4574922	1.000000	0	2
83	56	9999	-238.8867641	1.000000	0	1
84	56	9999	71.1633575	1.000000	0	1
85	56	56	48946.0882993	1.000000	0	2
86	955	56	-106.2269579	1.000000	0	1
87	955	56	22.2421868	1.000000	0	1
88	38	955	493581.8473387	1.000000	0	2
89	38	955	903.3956130	1.000000	0	1
90	38	955	115.1158731	1.000000	0	1
91	269	997	284612.0408467	1.000000	0	2
92	269	997	75.7386962	1.000000	0	1
93	269	997	166.2961163	1.000000	0	1
94	269	997	12845.8780784	1.000000	0	4

Tabla 5

VALORES DE LAS INCOGNITAS

NUMERO VERTICE	INCOGNITA ORIENTACION (SEGUNDOS)	VARIACION COORDENADAS CARTESIANAS (METROS)		
		X	Y	Z
9999	0.0	0.0	0.0	0.0
164	0.0	-1.1211	3.7908	-0.0147
100	0.0	-0.2513	2.1187	1.5570
269	0.0	1.5179	0.0927	2.2496
152	0.0	0.2022	0.8179	6.3828
127	0.0	-4.9998	-0.2401	4.1936
997	0.0	-0.9966	0.0694	4.4773
555	0.0	-1.2078	0.7686	6.1552
664	0.0	-3.8314	1.4566	4.0619
70	0.0	2.7322	0.3935	6.4474
38	0.0	3.4700	-0.7219	5.5000
56	0.0	-2.5185	3.3709	2.0806
679	0.0	1.5029	1.9150	1.2987
222	0.0	-1.3504	2.6604	-2.3593
223	0.0	-1.4199	3.1950	-1.4422
224	0.0	1.1439	2.3693	1.6473
230	0.0	0.5697	1.7180	-0.6521
955	0.0	3.9523	3.1426	2.7662

Tabla 6

RESULTADOS DE LA COMPENSACION

NUMERO VERTICE	NOMBRE VERTICE	X	COORDENADAS CARTESIANAS Y	Z
9999	VILLAFRANCA	4849916.7183	-334991.0216	4115922.4925
164	LAGEA	4582190.3245	-663822.8519	4372594.7353
100	BARTOS	5113595.2247	-253762.7775	3790905.0550
289	SALDI	4815350.1663	98330.7477	4167495.8992
152	JAVAILON	4876117.1357	-120761.9934	4098622.0858
127	CARCHE	5003146.4196	-101675.2470	3943631.6362
997	BINIAC	4885026.6940	357199.8297	4071912.5629
555	CALA MANACOR	4917573.6448	286716.5972	4038219.0423
666	MOLA	4985008.6480	133608.5036	3963560.1158
70	PAID	4952331.5049	-344191.9051	3992349.3398
38	SAN FERNANDO	5105467.6257	-555139.2152	3769894.1041
56	CASAR	4834686.1821	-290447.9523	4137393.0079
679	CAGLIARI	4885377.4743	783714.6934	4011590.6242
222	BREST	4228780.4327	-333288.3124	4747265.0946
223	BORDEAUX	4523846.1097	-11673.7267	4481175.7027
224	GRASSE	4581875.9793	556320.1549	4399154.8957
230	COINIERA	4625680.7453	-716473.3595	4095040.7689
955	ALTOS DE GALAPAGAR	4841886.3070	-337437.8026	4125642.6892

Tabla 7

TABLA DE RESIDUOS • HOJA 1

NUMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VTSRUU	RESIDUO MUNDUWU	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
1	164	9999	-0.4284	1.000000	-0.4284	1
2	164	9999	0.7410	1.000000	0.7410	1
3	269	9999	-0.1681	1.000000	-0.1681	1
4	164	9999	-0.1653	1.000000	-0.1653	1
5	164	9999	0.7357	1.000000	0.7357	1
6	164	9999	-0.7922	1.000000	-0.7922	1
7	269	164	-0.9734	1.000000	-0.9734	2
8	269	164	1.3975	1.000000	1.3975	2
9	269	164	-0.3736	1.000000	-0.3736	2
10	269	164	0.0950	1.000000	0.0950	2
11	164	164	-0.8122	1.000000	-0.8122	1
12	164	164	0.3195	1.000000	0.3195	1
13	164	164	-0.3179	1.000000	-0.3179	1
14	164	164	0.0870	1.000000	0.0870	1
15	164	164	0.0093	1.000000	0.0093	1
16	164	164	-0.0777	1.000000	-0.0777	1
17	164	164	-0.7402	1.000000	-0.7402	1
18	164	164	-0.3428	1.000000	-0.3428	1
19	164	164	-0.0746	1.000000	-0.0746	1
20	164	164	-0.2176	1.000000	-0.2176	1
21	164	164	-0.5844	1.000000	-0.5844	1
22	164	164	0.3342	1.000000	0.3342	1
23	164	164	0.4924	1.000000	0.4924	1
24	164	164	-0.1827	1.000000	-0.1827	1
25	164	164	-0.3483	1.000000	-0.3483	1
26	164	164	-0.5666	1.000000	-0.5666	1
27	164	164	0.5924	1.000000	0.5924	1
28	164	164	0.5196	1.000000	0.5196	1
29	164	164	0.1697	1.000000	0.1697	1
30	164	164	0.3180	1.000000	0.3180	1
31	164	164	0.6407	1.000000	0.6407	1
32	164	164	0.3734	1.000000	0.3734	1
33	164	164	-1.0412	1.000000	-1.0412	1
34	164	164	-0.1385	1.000000	-0.1385	1
35	164	164	0.0245	1.000000	0.0245	1
36	164	164	0.2535	1.000000	0.2535	1
37	164	164	0.2432	1.000000	0.2432	1
38	164	164	0.0070	1.000000	0.0070	1
39	164	164	-0.4391	1.000000	-0.4391	1
40	164	164	-0.4737	1.000000	-0.4737	1
41	164	164	-1.2677	1.000000	-1.2677	1
42	164	164	-0.5661	1.000000	-0.5661	1
43	164	164	-0.0353	1.000000	-0.0353	1
44	164	164	-0.4594	1.000000	-0.4594	1
45	164	164	0.8208	1.000000	0.8208	1
46	164	164	0.1583	1.000000	0.1583	1
47	164	164	1.2082	1.000000	1.2082	1
48	164	164	-1.0027	1.000000	-1.0027	1
49	164	164				
50	164	164				

TABLA DE RESIDUOS • HOJA 2

NUMERO DE OBSERVACION	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	RESIDUO PONDERADO	PESO A PRIORI	RESIDUO SIN PONDERAR	CLASE DE LA OBSERVACION
51	100	230	0.4311	1.000000	0.4311	2
52	100	230	-0.3197	1.000000	-0.3197	1
53	100	230	0.5064	1.000000	0.5064	4
54	269	224	0.4231	1.000000	0.4231	1
55	269	224	0.8457	1.000000	0.8457	1
56	269	224	0.0079	1.000000	0.0079	4
57	269	223	0.0458	1.000000	0.0458	1
58	269	222	1.4170	1.000000	1.4170	1
59	269	222	-0.0672	1.000000	-0.0672	1
60	269	222	0.7534	1.000000	0.7534	4
61	269	224	0.4587	1.000000	0.4587	2
62	269	223	-1.3183	1.000000	-1.3183	1
63	269	679	-0.1457	1.000000	-0.1457	1
64	269	679	0.3656	1.000000	0.3656	1
65	269	679	-0.0662	1.000000	-0.0662	1
66	269	679	0.4985	1.000000	0.4985	1
67	269	679	-0.1501	1.000000	-0.1501	1
68	269	679	-0.0123	1.000000	-0.0123	1
69	9999	223	-0.3128	1.000000	-0.3128	2
70	9999	223	0.3128	1.000000	0.3128	2
71	9999	223	0.3908	1.000000	0.3908	1
72	58	70	-0.1455	1.000000	-0.1455	2
73	58	100	-0.1470	1.000000	-0.1470	2
74	58	152	-0.2581	1.000000	-0.2581	1
75	58	152	-0.1469	1.000000	-0.1469	1
76	58	152	0.1437	1.000000	0.1437	1
77	269	997	0.0687	1.000000	0.0687	1
78	269	997	0.1257	1.000000	0.1257	1
79	269	997	-0.0259	1.000000	-0.0259	4
80	9999	9999	-0.0259	1.000000	-0.0259	2
81	9999	9999	-0.0605	1.000000	-0.0605	1
82	9999	9999	0.1274	1.000000	0.1274	4
83	56	9999	0.1004	1.000000	0.1004	1
84	56	9999	0.1693	1.000000	0.1693	1
85	56	9999	-0.0275	1.000000	-0.0275	1
86	9999	56	-0.2664	1.000000	-0.2664	4
87	9999	56	0.2807	1.000000	0.2807	1
88	9999	56	0.4926	1.000000	0.4926	1
89	34	955	0.0070	1.000000	0.0070	4
90	34	955	0.0402	1.000000	0.0402	1
91	34	955	0.0511	1.000000	0.0511	1
92	269	997	0.0682	1.000000	0.0682	2
93	269	997	0.1227	1.000000	0.1227	1
94	269	997	-0.0459	1.000000	-0.0459	4

Tabla 8

NUMERO OBSERVACION	NUMERO ESTRUCION	NUMERO USADO	E. M. C. PRIORI	E. M. C. OBSERVACION	E. M. C. RESIDUO	RESIDUO TIPIFICADO
1	164	9999	1.0090	0.2611	0.9746	-0.4399
2	164	9999	1.0660	0.6274	0.7902	0.9377
3	269	9999	1.1422	0.2955	1.1109	-0.0793
4	100	9999	1.1729	0.2661	1.1419	-0.1632
5	100	9999	1.1729	0.2707	1.1412	0.6822
6	100	9999	1.1729	0.3157	1.1296	-0.7013
7	269	164	0.6077	0.3133	0.5207	-1.8774
8	269	100	0.6395	0.4544	0.7060	1.9796
9	269	100	0.6395	0.3704	0.7534	-0.4962
10	269	100	0.6395	0.3920	0.7424	0.0876
11	164	100	0.5630	0.3197	0.6634	-1.7825
12	164	100	0.5630	0.3256	0.6593	1.1093
13	100	70	1.8269	0.7360	1.6743	-0.0704
14	100	70	1.8269	0.7374	1.6737	0.1677
15	100	70	1.8269	0.7913	1.6489	0.0529
16	100	36	1.4591	0.8450	1.1894	0.0078
17	70	36	1.4591	0.8450	1.1895	-0.0478
18	70	36	1.4591	0.9497	1.1408	0.0676
19	666	555	2.7292	0.9628	2.5537	-0.3094
20	666	555	2.7292	0.8895	2.5605	-0.1328
21	666	555	2.7292	0.9298	2.5659	-0.0135
22	152	666	1.6239	0.7669	1.4303	-0.1521
23	152	666	1.6239	0.8365	1.3919	0.4199
24	152	555	1.2077	0.6201	1.0315	0.3240
25	152	555	1.2077	0.7295	0.9625	0.5116
26	152	555	1.2077	0.6961	0.9939	-0.1838
27	152	997	1.0443	0.6457	0.8208	-0.4243
28	152	997	1.0443	0.6574	0.8114	-0.6992
29	152	997	1.0443	0.6574	0.8114	0.7170
30	555	997	5.9079	0.8122	5.8518	0.0898
31	555	997	5.9079	0.8032	5.8530	0.0290
32	555	997	5.9079	0.8235	5.8502	0.0544
33	666	997	1.8669	0.9616	1.6402	0.4004
34	666	997	1.8669	0.8517	1.6413	0.2248
35	666	997	1.8669	0.8279	1.6733	-0.6222
36	666	997	1.8669	0.8496	0.8927	-0.1389
37	167	555	1.2231	0.9405	0.8276	0.0296
38	167	555	1.2231	0.8340	0.8947	0.2834
39	167	555	1.2231	1.0843	1.8293	0.1329
40	167	666	2.1113	1.0843	1.8293	0.0808
41	167	666	2.1113	1.0192	1.8579	-0.2349
42	164	222	0.6172	0.5488	0.6054	-0.7825
43	164	222	0.6172	0.5259	0.6254	0.0261
44	164	222	0.6172	0.4644	0.6581	-0.0533
45	164	222	0.7536	0.3594	0.6674	-0.7049
46	164	222	0.7536	0.3810	0.6501	0.0652
47	164	230	1.3406	0.3241	1.2339	-0.7049
48	9999	230	1.3406	0.4616	1.2141	0.1304
49	9999	230	1.3406	0.5290	1.1952	1.0107
50	9999	230	1.3406	0.5718	1.1743	-0.8539

Tabla 9

..... COMPENSACION DE LA RED DE TRASLOCACION DOPPLER ESPANOLA

NUMERO OBSERVACION	NUMERO ESTACION	NUMERO UTSADO	E.M.I. PRIORI	E.M.I. OBSERVACION	E.M.C. RESIDUO	RESIDUO TIPIFICADO
51	100	230	0.8012	0.5248	0.6054	1.3729
52	100	230	0.8012	0.5462	0.5862	-0.5795
53	100	230	0.8012	0.5042	0.5443	1.0477
54	269	224	0.8931	0.4631	0.7637	0.5540
55	269	224	0.8931	0.4425	0.7758	1.0901
56	269	224	0.8931	0.4620	0.7644	0.0103
57	269	223	1.1399	0.3945	1.0599	0.0433
58	223	222	0.9781	0.5195	0.8156	1.9818
59	223	222	0.9791	0.5429	0.8136	-0.0426
60	223	222	0.9781	0.5508	0.8028	0.9373
61	223	224	0.8646	0.5000	-0.7053	0.6544
62	223	224	0.8646	0.4028	-0.7231	-1.2231
63	269	679	0.7078	0.4946	0.9164	-0.2878
64	269	679	0.7078	0.4600	0.9164	0.6796
65	269	679	0.7078	0.4224	0.9680	-0.0110
66	224	679	0.9343	0.5441	0.7596	0.6537
67	224	679	0.9343	0.5157	0.7791	-0.1926
68	6999	679	0.9343	0.5407	0.7620	-0.0161
69	6999	223	0.8522	0.4085	0.7479	-0.1508
70	6999	223	0.8522	0.3500	0.7770	0.9164
71	6999	223	0.8522	0.4415	0.7289	0.8102
72	56	70	2.3729	1.4639	2.1159	-0.1822
73	56	70	2.3729	1.4681	2.1143	-0.0601
74	56	132	2.7842	1.3536	2.4442	-0.1580
75	56	132	2.7842	1.4120	2.4112	-0.1521
76	56	132	2.7842	1.4120	2.4112	0.0672
77	269	997	1.7568	0.6157	1.4451	0.0416
78	269	997	1.7568	0.6003	1.6155	0.0760
79	269	997	1.7568	0.6086	1.6480	-0.0279
80	955	999	30.9272	0.4857	30.9431	-0.0016
81	955	999	30.9272	0.4816	30.9242	-0.0016
82	955	999	30.9272	0.5318	30.9335	0.0031
83	56	9999	9.6645	1.2817	9.5702	0.0011
84	56	9999	9.6645	1.2903	9.5790	0.0177
85	56	9999	9.6645	1.6757	9.5101	-0.0029
86	955	56	10.2108	1.4013	10.1027	-0.0264
87	955	56	10.2108	1.4087	10.1017	0.0276
88	955	56	10.2109	1.7777	10.0546	0.0490
89	30	955	1.0134	0.7436	0.6803	0.0029
90	30	955	1.0134	0.7418	0.6904	0.0502
91	30	955	1.0134	0.7595	0.6710	0.0762
92	269	997	1.7568	0.6157	1.6453	0.0416
93	269	997	1.7568	0.6003	1.6155	0.0760
94	269	997	1.7568	0.6086	1.6480	-0.0279

Tabla 9

DESVIACIONES TÍPICAS DE LAS COORDENADAS CARTESIANAS

NÚMERO	X	E.M.C.	Y	E.M.C.	Z	E.M.C.
104	4542190.324	0.232	-693622.652	0.466	4372594.735	0.482
100	5113595.225	0.267	-253762.777	0.303	3760965.055	0.286
209	4815450.164	0.336	-98330.748	0.403	4167495.899	0.440
152	4876117.136	0.357	-120761.993	0.509	4096622.086	0.533
127	5403146.420	0.622	-101675.247	0.556	3943631.636	1.102
697	4695026.694	0.613	357199.830	0.564	4071912.563	0.570
555	4917573.645	0.455	266716.597	0.476	4038219.042	0.478
666	4985008.648	0.663	133608.504	0.665	3963560.116	0.690
70	4952331.505	0.687	-344191.095	0.721	3992369.340	0.708
38	5105467.626	0.366	-555139.215	0.390	3769894.104	0.368
679	4834696.192	1.266	-590447.952	1.525	4137393.099	1.462
870	4865377.474	0.635	763714.693	0.469	4011590.624	0.542
222	4536780.433	0.613	-333.984.312	0.496	4747765.095	0.470
723	4533846.110	0.265	-11673.727	0.441	4481175.703	0.357
274	4591875.979	0.574	56320.155	0.319	4389154.896	0.316
230	4823680.745	0.480	-716473.360	0.557	4093048.769	0.543
955	4841886.307	0.461	-337437.603	0.508	4125642.669	0.511

Tabla 10

0000

RESULTADOS DE LA COMPENSACION

NUMERO VERTICE	NOMBRE VERTICE	COORDENADAS CARTESIANAS	
		X	Y
5	FELD	404422.8350	601422.3551
3	MELI	404440.7630	620499.3790
1	KLOP	4041934.9277	620815.1140
2	TAUF	4012305.7913	651689.0363
4	RO-JI	4036675.6021	643975.1917
6	GEIE	4061090.9266	674378.6594

Tabla 11

TABLA DE OBSERVACIONES • HOJA 1

NUMERO DE ORDEN	PUNTO DE ESTACION	PUNTO VISADO	OBSERVACION (VALOR MEDIDO)	RESU A PRIORI	CLAVE DE BLOQUE	CLAVE DE OBSERVACION
1	3	3	167.101782	1.001376	0	2
2	3	3	380.423053	1.001376	0	1
3	3	3	-28.212521	1.001376	0	4
4	3	1	74.922098	1.001083	0	2
5	3	1	19574.922098	1.001083	0	1
6	3	1	-699.865593	1.001083	0	4
7	1	1	187.041238	1.002459	0	2
8	1	3	35456.285298	1.002459	0	2
9	1	3	341.055546	1.002459	0	1
10	3	3	60.2118415	1.001765	0	4
11	3	2	62594.316920	1.001765	0	2
12	3	2	-126.4046377	1.001765	0	1
13	1	2	47.1641167	1.002055	0	4
14	1	2	47462.298439	1.002055	0	2
15	1	2	373.4374638	1.002055	0	1
16	3	3	25.3100343	1.001464	0	4
17	3	2	96871.6744640	1.001464	0	2
18	3	2	232.3617425	1.001464	0	1
19	1	3	187.0412170	1.001775	0	4
20	1	3	35456.1880235	1.001775	0	2
21	1	3	341.0856645	1.001775	0	1
22	1	4	84.4156350	1.000949	0	4
23	1	4	23790.8429826	1.000949	0	2
24	1	4	55.6450345	1.000949	0	1
25	4	6	145.0212025	1.001102	0	4
26	4	6	15882.9439927	1.001102	0	2
27	4	6	350.9851474	1.001102	0	1
28	1	6	125.0403566	1.001289	0	4
29	1	6	61331.6664836	1.001289	0	2
30	1	6	406.6410508	1.001289	0	1
31	3	4	27.5957744	1.001681	0	4
32	3	4	6459.2162328	1.001681	0	2
33	3	4	-283.6813664	1.001681	0	1
34	3	6	77.911443	1.001269	0	4
35	3	6	6024.911443	1.001269	0	2
36	3	6	65.6220555	1.001269	0	1

Tabla 12

***** NO DIMENSIONACION DE REDES EN TRES DIMENSIONES GPS*****

VALORES DE LAS INCÓGNITAS

NÚMERO VERTICE	INCÓGNITA ORIENTACION (SEGUNDOS)	VARIACION COORDENADAS CARTESIANAS (METROS)		
		X	Y	Z
5	0.0	0.1045	5.5043	-0.6374
5	0.0	-4.4946	2.2073	5.5945
1	0.0	0.5037	2.2981	-0.7397
2	0.0	4.1217	-2.5031	-4.8470
4	0.0	1.1859	-1.1942	-1.4740
6	0.0	-1.4065	-6.3192	2.2939

Tabla 13

NUMERO	LATITUD	E.M.C.	LONGITUD	E.M.C.	ALTURA	E.M.C.
5	50 14 4.348	0.0306	8 27 51.531	0.0638	372.021	0.023
3	49 43 53.534	0.0311	8 36 14.524	0.0528	372.836	0.016
1	50 13 14.544	0.0217	8 43 55.283	0.0296	375.893	0.016
2	50 30 37.116	0.0435	9 13 32.031	0.0626	375.298	0.034
4	50 14 23.967	0.0327	9 3 50.951	0.0462	377.572	0.029
6	49 56 10.361	0.0318	9 25 42.795	0.0609	380.602	0.029

Tabla 14

Tabla de Residuos - Hoja 1

Numero de Observación	Punto de Estación	Punto de Visión	Residuo Ponderado	Peso A Priori	Residuo Sin Ponderar	Clase de la Observación
1	1	3	-0.4223	1.001376	-0.0192	1
2	2	3	0.0857	1.001376	0.0039	1
3	3	1	-0.2974	1.001083	-0.0134	1
4	4	1	0.2082	1.001083	0.0094	1
5	1	3	-0.1555	1.002459	-0.0070	1
6	1	3	0.4482	1.002459	0.0201	1
7	2	2	0.7128	1.001765	0.0320	1
8	3	2	-0.2831	1.001765	-0.0127	1
9	1	2	1.9911	1.002055	0.0625	1
10	1	2	-0.4136	1.002055	-0.0186	1
11	3	2	-2.2741	1.001464	-0.1023	1
12	3	2	0.6982	1.001464	0.0314	1
13	1	3	2.0272	1.001775	0.0909	1
14	1	3	-0.2214	1.001775	-0.0100	1
15	1	4	-0.3388	1.000949	-0.0151	1
16	1	4	-0.1791	1.000949	-0.0081	1
17	4	6	0.1783	1.001102	0.0080	1
18	4	6	0.7759	1.001102	0.0349	1
19	1	6	-0.2911	1.001369	-0.0131	1
20	1	6	0.5760	1.001369	0.0260	1
21	3	4	0.1849	1.001691	0.0083	1
22	3	4	0.9577	1.001691	0.0423	1
23	3	6	-1.2512	1.001269	-0.0512	1
24	3	6	0.6937	1.001269	0.0349	1
25	3	3	-0.0449	1.001376	-0.0047	2
26	3	1	0.9134	1.001083	0.0347	2
27	1	3	-0.1101	1.002459	-0.0116	2
28	3	2	-0.8480	1.002055	-0.1084	2
29	1	2	-2.1518	1.001083	-0.1063	2
30	1	2	-0.3423	1.001083	-0.1024	2
31	1	3	0.3603	1.001775	0.0387	2
32	1	4	0.4889	1.000949	0.0226	2
33	1	4	0.7023	1.001102	0.0420	2
34	1	6	0.7489	1.001464	0.0487	2
35	1	6	0.0489	1.001464	0.0061	2
36	3	6	-0.5138	1.001269	-0.0600	2

Tabla 15

NÚMERO DE OBSERVACIÓN	NÚMERO DE ESTACIÓN	NÚMERO DE VISADO	E.M.C. PATRI	E.M.C. OBSERVACION	E.M.C. RESIDUO	RESIDUO TIPIFICADO
1	3	3	0.0490	0.0338	0.0319	-0.5945
2	3	3	0.0490	0.0307	0.0349	0.1105
3	3	3	0.0490	0.0319	0.0269	-0.4975
4	3	1	0.0490	0.0307	0.0349	0.2685
5	3	3	0.0499	0.0232	0.0390	-0.1791
6	1	3	0.0499	0.0232	0.0402	0.5008
7	1	2	0.0490	0.0366	0.0287	1.1176
8	3	2	0.0490	0.0329	0.0329	-0.3874
9	3	2	0.0490	0.0323	0.0334	1.8708
10	1	2	0.0490	0.0307	0.0348	-0.5556
11	3	2	0.0490	0.0350	0.0306	-3.3428
12	3	2	0.0490	0.0307	0.0349	0.9008
13	1	3	0.0490	0.0232	0.0390	2.3489
14	1	3	0.0490	0.0232	0.0402	-0.2575
15	1	4	0.0490	0.0379	0.0271	-0.5575
16	1	4	0.0490	0.0307	0.0349	-0.2510
17	4	6	0.0490	0.0377	0.0272	0.2945
18	4	6	0.0490	0.0329	0.0316	1.5516
19	4	6	0.0490	0.0315	0.0300	-0.4628
20	1	6	0.0490	0.0307	0.0349	0.1612
21	3	4	0.0490	0.0339	0.0318	1.2201
22	3	4	0.0490	0.0308	0.0343	1.5004
23	3	4	0.0490	0.0397	0.0349	-1.7430
24	3	6	0.0490	0.0307	0.0349	-1.0943
25	3	3	0.1124	0.0307	0.1044	1.4242
26	3	3	0.1071	0.0448	0.0245	-0.1164
27	3	3	0.1071	0.0448	0.1016	-1.1066
28	3	2	0.1071	0.0448	0.1077	-1.0046
29	3	2	0.0923	0.0644	0.0705	-1.5081
30	3	2	0.1077	0.0731	0.1198	-0.4697
31	1	3	0.1077	0.0731	0.1016	0.3810
32	1	4	0.0441	0.0366	0.0328	0.6075
33	4	6	0.0886	0.0521	0.0753	0.8241
34	1	6	0.1185	0.0531	0.1103	0.8035
35	3	4	0.1257	0.0527	0.1188	0.0317
36	3	6	0.1168	0.0522	0.1088	-0.5514

Tabla 16

GRAFICO 3 RED DOPPLER

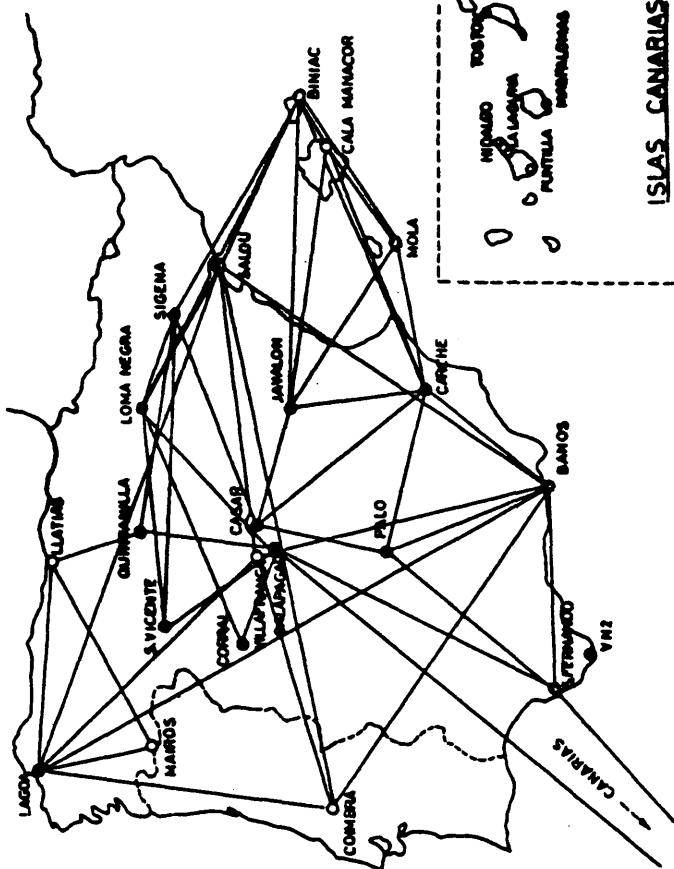


GRAFICO 1

GRAFICO 3 RED DOPPLER

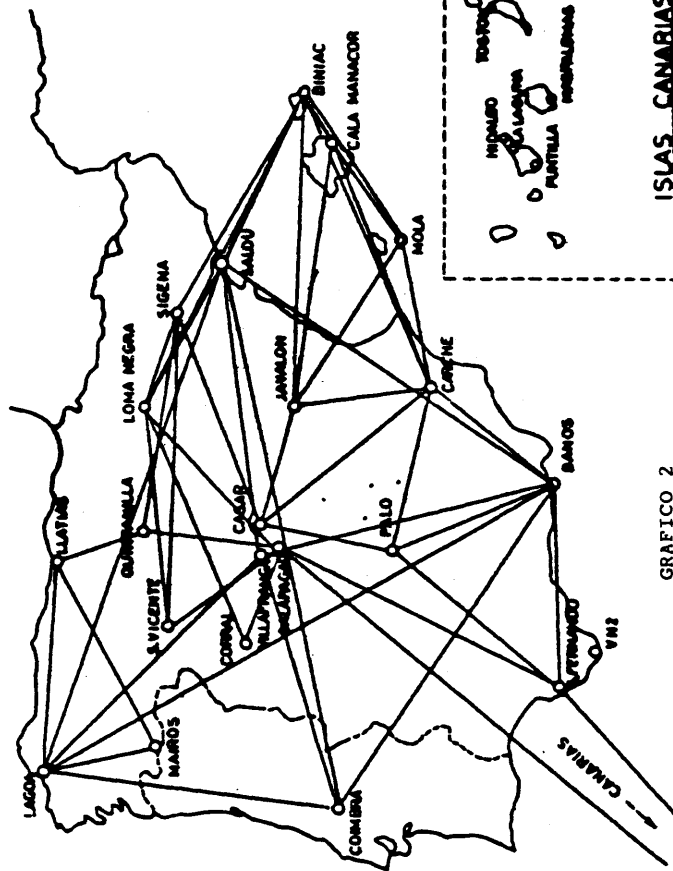


GRAFICO 2

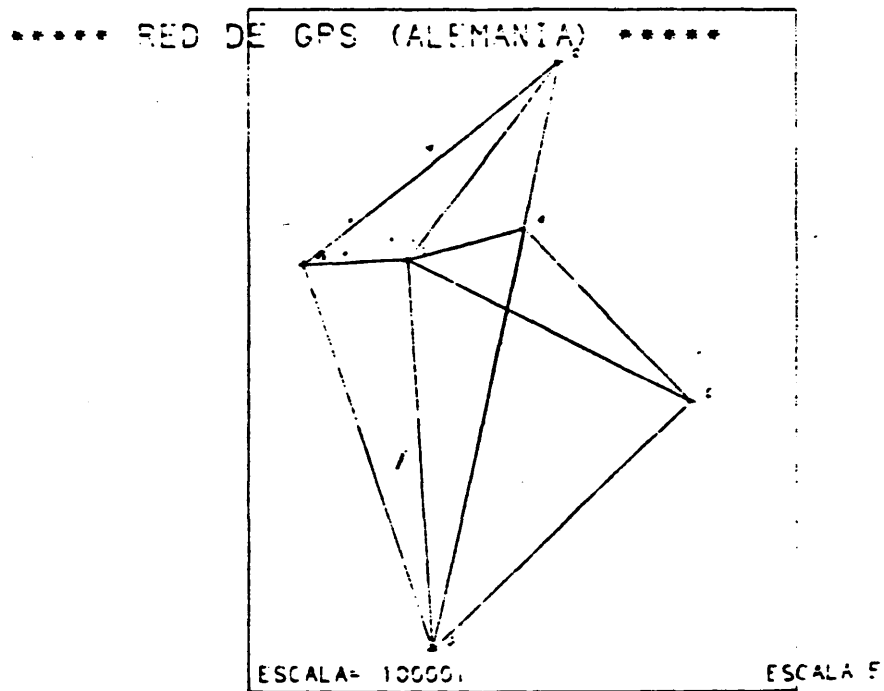


GRAFICO 3

APENDICE 3

ESTIMACION EN MODELOS LINEALES

1.- Distribución de formas cuadráticas.

Los resultados que vamos a dar en este apartado y que serán utilizados en la estimación de parámetros en modelos lineales son clásicos de la teoría estadística, y sus demostraciones pueden encontrarse en los textos de Rao-Mitra, Searle, Schaeffe, etc.

Consideremos n variables aleatorias X_1, \dots, X_n en las variables x_1, \dots, x_n . La función de distribución acumulativa $F(x_1, \dots, x_n)$ se define por

$$F(x_1, \dots, x_n) = \text{pr}(X_1 \leq x_1, \dots, X_n \leq x_n)$$

La función de densidad es

$$f(x_1, \dots, x_n) = \frac{\partial^n}{\partial x_1 \dots \partial x_n} F(x_1, \dots, x_n)$$

debiendo verificar las condiciones,

$$f(x_1, \dots, x_n) \geq 0 \quad \text{para } -\infty < x_i < \infty, \text{ para toda } i$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n = 1.$$

Se define la función de densidad marginal de las variables x_{k+1}, \dots, x_n , con respecto a x_1, \dots, x_k , como

$$g(x_{k+1}, \dots, x_n) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_k$$

y la distribución condicional de x_1, \dots, x_k respecto a x_{k+1}, \dots, x_n por

$$f(x_1, \dots, x_k / x_{k+1}, \dots, x_n) = f(x_1, \dots, x_n) / g(x_{k+1}, \dots, x_n)$$

Se definen el momento de orden k con respecto al origen, de la variable x_i , por $E(x_i^k)$, dado por

$$\begin{aligned} E(x_i^k) &= \mu_i^{(k)} = \int_{-\infty}^{\infty} x_i^k g(x_i) dx_i = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} x_i^k f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n \end{aligned}$$

donde se ha representado por $E(\)$ la esperanza matemática.

La covarianza entre las variables x_i, x_j , con $i \neq j$, es

$$\begin{aligned} s_{ij} &= E((x_i - \mu_i)(x_j - \mu_j)) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \mu_i)(x_j - \mu_j) f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n \end{aligned}$$

La varianza de la variable i -ésima x_i es

$$\begin{aligned} s_i^2 &= E((x_i - \mu_i)^2) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} (x_i - \mu_i)^2 f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n \end{aligned}$$

Consideremos el vector $\underline{x}^T = (x_1, \dots, x_n)$ y representemos por

$$\text{var}(\underline{x}) = (s_{ij}) = Q, \quad i, j = 1, \dots, n$$

La matriz Q se denomina de varianzas-covarianzas de la variable de n dimensiones \underline{x} . La matriz de correlación R se define a

partir de la Q mediante

$$R = (r_{ij}) = (s_{ij} / \sqrt{s_{ii} s_{jj}}), \quad i, j = 1, \dots, n$$

Las matrices Q y R son definidas no negativas.

Sea una transformación lineal definida por $\underline{y} = T \underline{x}$, entonces

$$\underline{\mu}_Y = T \underline{\mu}_X \quad \text{y} \quad \text{var}(\underline{x}) = T Q T^T,$$

para T no singular. La nueva función de densidad respecto de las variables (y_1, \dots, y_n) viene dada por

$$h(y_1, \dots, y_n) = f(T^{-1} \underline{y}) / \det(T)$$

siendo $\det(\)$ el determinante de una matriz.

Los momentos de una distribución y distintas relaciones de interés entre distribuciones, pueden deducirse de la función generatriz de momentos. Se define la función generatriz de momentos de una distribución cuya función de densidad es $f(x_1, \dots, x_n)$ por

$$\begin{aligned} M_{\underline{x}}(\underline{t}) &= E(e^{\langle \underline{t}, \underline{x} \rangle}) = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} e^{\langle \underline{t}, \underline{x} \rangle} f(x_1, \dots, x_n) dx_1 \dots dx_n, \end{aligned}$$

siendo $\langle \ , \ \rangle$ el producto escalar entre dos vectores dado por

$$\langle \underline{t}, \underline{x} \rangle = t_1 x_1 + \dots + t_n x_n.$$

La variable X tiene una distribución normal unidimensional de media μ y varianza s^2 , $X \sim N(\mu, s^2)$, cuando su función de densidad es

$$f(x) = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} e^{-(x - \mu)^2/2s^2} \quad -\infty < x < \infty$$

siendo,

$$E(x) = \mu, \quad E(x - \mu)^2 = s^2$$

La función generatriz de momentos es

$$M_x(t) = \exp(\mu t + t^2 s^2/2)$$

Consideremos la variable normal de n dimensiones $\underline{x}^T = (x_1, \dots, x_n)$ de media $\underline{\mu}$ y matriz de varianzas-covarianzas Q , es decir, $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, Q)$. Su función de densidad es

$$f(x_1, \dots, x_n) = \exp(-(\underline{x} - \underline{\mu})^T Q^{-1} (\underline{x} - \underline{\mu})) / ((2\pi)^{n/2} |\det(Q)|^{1/2})$$

La función generatriz de momentos es

$$M_{\underline{x}}(\underline{t}) = \exp(\langle \underline{t}, \underline{\mu} \rangle + \underline{t}^T Q \underline{t}/2)$$

Con el fin de estudiar las distribuciones marginales de la variable normal de n dimensiones, consideremos la partición del vector \underline{x} , dada por

$$\underline{x}^T = (\underline{x}_1; \underline{x}_2)^T, \quad \text{con } \underline{x}_1 = (x_1, \dots, x_k), \quad \underline{x}_2 = (x_{k+1}, \dots, x_n)$$

$$\underline{\mu}^T = (\underline{\mu}_1; \underline{\mu}_2)^T, \quad \underline{t}^T = (\underline{t}_1; \underline{t}_2)^T$$

$$Q = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix}$$

Hagamos $\underline{t}_2 = \underline{0}$, entonces

$$M_{x_1 \dots x_k}(\underline{t}_1) = \exp(\langle \underline{t}_1, \underline{\mu} \rangle + \underline{t}_1^T Q_{11} \underline{t}_1 / 2)$$

Las funciones de densidad marginales son,

$$g(x_1, \dots, x_k) = \exp(-(\underline{x}_1 - \underline{\mu}_1)^T Q_{11}^{-1} (\underline{x}_1 - \underline{\mu}_1)) / ((2\pi)^{(n-k)/2} |\det(Q_{11})|^{1/2})$$

$$g(x_{k+1}, \dots, x_n) = \exp(-(\underline{x}_2 - \underline{\mu}_2)^T Q_{22}^{-1} (\underline{x}_2 - \underline{\mu}_2)) / ((2\pi)^{(n-k)/2} \det(Q_{22})^{1/2})$$

La distribución condicional de las variables x_1, \dots, x_k , condicionadas a las variables x_{k+1}, \dots, x_n , será,

$$f(\underline{x}_1 / \underline{x}_2) = f(\underline{x}) / g(\underline{x}_2)$$

y escribiendo

$$Q^{-1} = \begin{pmatrix} Q_{11} & Q_{12} \\ Q_{21} & Q_{22} \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{pmatrix}$$

se tiene que,

$$\underline{x}_1 / \underline{x}_2 \sim N(\underline{\mu}_1 + Q_{12} Q_{22}^{-1} (\underline{x}_2 - \underline{\mu}_2), W_{11}^{-1})$$

A continuación se van a describir algunas variables aleatorias engendradas a partir de variables normales, de gran interés en la teoría de modelos lineales.

Sea $\underline{x} \sim N(\underline{0}, I)$, siendo I la matriz identidad de n dimensiones. Entonces la variable $\sum x_i^2$ tiene una distribución central χ^2 con

n grados de libertad. Luego si las variables x_i son independientes

$$\underline{x} \sim N(\underline{0}, I) \quad \text{y} \quad u = \underline{x}^T \underline{x} \sim \chi_n^2$$

La función de densidad de la variable χ_n^2 es

$$f(u) = u^{1/2 n - 1} e^{-1/2 u} / (2^{1/2 n} \Gamma(1/2 n)), \text{ para } u > 0$$

siendo Γ la función gamma.

La correspondiente función generatriz de momentos es,

$$M_u(t) = (1 - 2t)^{-1/2 n} \quad t < 1/2$$

La media y la varianza de la variable u son n y $2n$ respectivamente.

Sean u_1 y u_2 dos variables independientes que siguen distribuciones $\chi_{n_1}^2$ y $\chi_{n_2}^2$ respectivamente. Entonces la variable definida por el razón

$$v = (u_1/n_1)/(u_2/n_2) \sim F_{n_1, n_2}$$

sigue una distribución F de Snedecor con n_1, n_2 grados de libertad.

La función de densidad de la variable v es

$$f(v) = \frac{\Gamma(1/2 n_1 + 1/2 n_2) n_1^{1/2 n_1} v^{1/2 n_1 - 1}}{\Gamma(1/2 n_1) \Gamma(1/2 n_2) (n_2 + n_1 v)^{(1/2 n_1 + 1/2 n_2)}}$$

para $v > 0$.

Finalmente, la razón entre una variable normalmente distribuida, y una variable distribuida según una χ^2 es la denominada t de Student. Luego si $x \sim N(0,1)$ y u es una variable χ_n^2 independiente de x , entonces la variable,

$$z = x/\sqrt{u/n} \sim t_n$$

sigue una distribución t con n grados de libertad, su función de densidad es

$$f(z) = \frac{\Gamma(1/2 n + 1/2)}{\sqrt{n\pi} \Gamma(1/2 n)} (1 + z^2/n)^{-1/2(n+1)} \quad -\infty < z < \infty$$

Supongamos que la variable $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, I)$, entonces la variable $u = \underline{x}^T \underline{x}$ sigue una distribución χ^2 no central, siendo el parámetro λ de no centralidad dado por $\lambda = \underline{\mu}^T \underline{\mu}$, que denominaremos por $\chi^2_{n,\lambda}$. su función de densidad es

$$f(u) = e^{-\lambda} \sum_k \frac{\lambda^k / k!}{2^{1/2} n^k \Gamma(1/2 n + k)} u^{1/2 n + k - 1} e^{-1/2 u}$$

La media y la varianza de una distribución $\chi^2_{n,\lambda}$ son, $(n + 2\lambda)$ y $(2n + 8\lambda)$ respectivamente.

Sean las variables aleatorias $u_1 \sim \chi^2_{n_1,\lambda}$ y $u_2 \sim \chi^2_{n_2}$, entonces la variable $v = (u_1/n_1)/(u_2/n_2)$ se distribuye según una F de Snedecor no central, $F_{n_1, n_2, \lambda}$ de parámetro de no centralidad λ . La media y la varianza son

$$E(v) = n_2(1 + 2\lambda/n_1)/(n_2 - 2)$$

$$\text{var}(v) = \frac{2 n_2^2}{n_1^2(n_2 - 2)} \left(\frac{(n_1 + 2\lambda)^2}{(n_2 - 2)(n_2 - 4)} + \frac{n_1 + 4\lambda}{n_2 - 4} \right)$$

A continuación se van a dar varios teoremas fundamentales respecto a la distribución de formas cuadráticas.

Teorema 1.- Sea $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, Q)$ y consideremos la forma cuadrática $\underline{x}^T A \underline{x}$, siendo Q por hipótesis una matriz no singular. En estas condiciones se tiene

$$(i) E(\underline{x}^T A \underline{x}) = \text{traza}(AQ) + \underline{\mu}^T A \underline{\mu}$$

$$(ii) \text{cov}(\underline{x}, \underline{x}^T A \underline{x}) = 2 QA \underline{\mu}$$

y para $\underline{\mu} = \underline{0}$ se tiene

$$(iii) E(\underline{x}^T A \underline{x}) = \text{traza}(AQ)$$

$$(iv) \text{cov}(\underline{x}, \underline{x}^T A \underline{x}) = 0$$

(v) La varianza de la cantidad $\underline{x}^T A \underline{x}$ es

$$\text{var}(\underline{x}^T A \underline{x}) = 2 (\text{traza}(AQ))^2 + 4 \underline{\mu}^T AQA \underline{\mu}$$

(vi) y para $\underline{\mu} = \underline{0}$

$$\text{var}(\underline{x}^T A \underline{x}) = 2 (\text{traza}(AQ))^2.$$

Cuando $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, Q)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x} \sim \chi^2_{r(A), 1/2 \underline{\mu}^T A \underline{\mu}}$, si y únicamente si, AQ es idempotente. Luego, si $\underline{x} \sim N(\underline{0}, I)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x} \sim \chi^2_{r(A)}$ si y únicamente si, A es idempotente. Si $\underline{x} \sim N(\underline{0}, Q)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x} \sim \chi^2_{r(A)}$ si y únicamente si AQ es idempotente. Si $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, s^2 I)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x} / s^2$ es $\chi^2_{n, 1/2 \underline{\mu}^T A \underline{\mu} / s^2}$. Si $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, I)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x}$ es $\chi^2_{r(A), 1/2 \underline{\mu}^T A \underline{\mu}}$ si y únicamente si A es idempotente de rango $r = r(A)$.

Teorema 2.- Si $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, Q)$, entonces $\underline{x}^T A \underline{x}$ y $B \underline{x}$ se distribuyen independientemente si y únicamente si, $BQA = 0$.

Teorema 3.- Si $\underline{x} \sim N(\underline{\mu}, Q)$, entonces las formas cuadráticas $\underline{x}^T A \underline{x}$ y $\underline{x}^T B \underline{x}$ se distribuyen independientemente si y solo si, $AQB = 0$ o $BQA = 0$.

2.- Matrices inversas generalizadas.

En este apartado se van a enunciar las definiciones y resultados de matrices inversas generalizadas que se van a usar para la estimación de parámetros en modelos lineales con defecto de rango, basándonos en el texto de C.D. Rao y S.K. Mitra, 1971.

Sea A una matriz (m,n) de rango $r \leq \min(m,n)$, una inversa generalizada o g-inversa de A , es una matriz A^- (n,m) , tal que, $\underline{x} = A^- \underline{y}$ es una solución del sistema consistente $A \underline{x} = \underline{y}$.

Si A^- existe, entonces $A A^- A = A$, y reciprocamente, si $A A^- A = A$, entonces A^- existe.

Si A^- existe, entonces $H = A^- A$ es idempotente y $\text{rango}(A) = \text{rango}(H) = \text{traza}(H)$, puesto que H es idempotente.

Si A^- existe, entonces $F = A A^-$ es idempotente y $\text{rango}(A) = \text{rango}(F) = \text{traza}(F)$.

Una condición necesaria y suficiente para que $B = B A^- A$, es que exista una matriz D , tal que $B = D A$. Análogamente para $B = A A^- B$.

Sea A una matriz (n,n) y \underline{p} un vector $(n,1)$, entonces $\underline{p}^T A^- \underline{p}$ es invariante para cualquier elección de A^- , siempre que $\underline{p} \in L(A)$, indicando por $L(A)$ el espacio vectorial engendrado por las columnas de A .

Sea A^- una g-inversa cualquiera de A , entonces

- a.- Una elección de $(A^T)^-$ es $(A^-)^T$.
- b.- $A(A^T A)^-(A^T A) = A$ y $(A^T A)(A^T A)^- A^T = A^T$.
- c.- $A(A^T P A)^-(A^T P A) = A$ y $(A^T P A)(A^T P A)^- A^T = A^T$, siempre que la matriz P sea definida positiva.
- d.- $A(A^T P A)^- A^T$ es invariante para cualquier elección de la g-inversa y $\text{rango}(A(A^T P A)^- A^T) = \text{rango}(A)$, siempre que $\text{rango}(A^T P A) = \text{rango}(A)$.

- e.- $A^T A A^- A = A^T A \iff A A^- A = A$
- f.- Si $\text{rango}(CAB) = \text{rango}(C) = \text{rango}(B)$, entonces $B(CAB)^- CAB = B$ y $CAB(CAB)^- C = C$.
- g.- Si $\text{rango}(CAB) = \text{rango}(C) = \text{rango}(B)$, entonces $B(CAB)^- C$ es invariante para cualquier elección de $(CAB)^-$.
- h.- $A(A^T A)^- A^T$ es idempotente y simétrica.
- i.- Una condición necesaria y suficiente para que A^- (n,m) sea una g-inversa de A es que, $\text{rango}(I - A^- A) = n - \text{rango}(A)$, siendo A una matriz (m,n) y $m > n$.

Consideremos el sistema consistente de ecuaciones $A\bar{x} = \bar{y}$, y sea $H = A^- A$, entonces se verifica,

- a.- Una solución general de la ecuación $A\bar{x} = \bar{0}$ es, $\bar{x} = (I - H)\bar{z}$, para \bar{z} arbitrario e I la matriz identidad.
- b.- Una solución general de la ecuación $A\bar{x} = \bar{y}$ es, $\bar{x} = A^- \bar{y} + (I - H)\bar{z}$, para \bar{z} arbitrario.
- c.- $Q^T \bar{x}$ tiene un único valor para toda solución de la ecuación $A\bar{x} = \bar{y}$, si y solo si, $H^T Q = Q$, es decir, $Q \in L(A^T)$.
- d.- Una condición necesaria y suficiente para que el sistema $A\bar{x} = \bar{y}$ sea consistente es que $AA^- \bar{y} = \bar{y}$.

Dos representaciones alternativas de una solución general de la g-inversa de una matriz A de dimensión (m,n), son

$$G = A^- + U - A^- A U A A^-$$

$$G = A^- + V(I - A A^-) + (I - A^- A)W,$$

para U,V,W matrices arbitrarias, y A^- es una g-inversa cualquiera de A.

Se dice que una g-inversa de A(m,n) es reflexiva si $G(n,m)$ ve-

rifica

$$AGA = A \quad \text{y} \quad GAG = G$$

y la designamos por A_r^- .

Una condición necesaria y suficiente para que una g-inversa G de A sea reflexiva es que $\text{rango}(G) = \text{rango}(A)$.

Se dice que \underline{x}^0 es una solución básica de la ecuación $A\underline{x} = \underline{y}$ si

$$(i).- A\underline{x}^0 = \underline{y}$$

(ii).- Al menos r elementos de \underline{x}^0 son no nulos, siendo $r = \text{rango}(A)$.

Sea G una g-inversa que genera la solución \underline{x}^0 de la ecuación $A\underline{x} = \underline{y}$, es decir, $\underline{x}^0 = G\underline{y}$. Entonces $G\underline{y}$ tiene $(n-r)$ componentes que son cero, siempre que $\underline{y} \in L(A)$. Se obtiene G de tal forma que GA tiene $(n-r)$ filas nulas. Hagamos una partición de la matriz G por medio de la matriz auxiliar E , de tal forma que si

$$EG = \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \end{pmatrix}, \text{ entonces } \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \end{pmatrix} A = \begin{pmatrix} G_1 A \\ 0 \end{pmatrix}$$

donde G_1 es de dimensión (r, m) y G_2 de dimensión $(n-r, m)$, y la matriz de descomposición E verifica $EE^T = I$.

Descompongamos la matriz A por E en

$$AE^T = (A_1; A_2) \quad \text{y} \quad AE^T(EG)AE^T = AE^T \Rightarrow (A_1; A_2) \begin{pmatrix} G_1 \\ G_2 \end{pmatrix} = AE^T.$$

y por tanto

$$(A_1; A_2) \begin{pmatrix} G_1 \\ 0 \end{pmatrix} (A_1; A_2) = (A_1; A_2)$$

luego,

$$A_1 G_1 A_1 = A_1, \quad A_1 G_1 A_2 = A_2 \Rightarrow G_1 = A_1^{-}$$

y también,

$$A_1 G_1 (A_1; A_2) = (A_1; A_2),$$

y

$$\text{rango}(A_1 G_1) \geq \text{rango}(A_1; A_2) = r \Rightarrow \text{rango}(A_1) = \text{rango}(G_1) = r$$

La matriz G_1 se puede construir por métodos tradicionales, puesto que A_1 es de rango completo, y la solución básica es

$$\underline{x}^0 = G_1 \underline{y}.$$

A continuación vamos a tratar tres tipos de g-inversas de gran interés en cuestiones geodésicas.

1.- g-inversas para una solución de norma mínima de la ecuación

$$A\underline{x} = \underline{y}.$$

Elijamos la g-inversa de A de tal forma que la solución de la ecuación $A\underline{x} = \underline{y}$ tenga norma mínima, es decir

$$\begin{aligned} \min \|\underline{x}\| &= \|G\underline{y}\| \\ A\underline{x} &= \underline{y} \end{aligned}$$

siempre que el sistema $A\underline{x} = \underline{y}$ sea consistente.

Supongamos que la métrica de los espacios a los que pertenecen los vectores \underline{x} e \underline{y} , vienen dadas por,

$$\|\underline{x}\|^2 = \underline{x}^T \underline{x}, \quad \|\underline{y}\|^2 = \underline{y}^T \underline{y},$$

entonces para una g-inversa de A tal que $G\underline{y}$ tenga norma mínima se verifica que $AGA = A$ y $(GA)^T = GA$.

Las siguientes condiciones son equivalentes

(i).- $AGA = A$, $(GA)^T = GA$

(ii).- $GAA^T = A^T$

(iii).- $GA = P_A T =$ operador de proyección ortogonal sobre A^T .

La solución norma mínima es única, aunque la g-inversa correspondiente puede no ser única. Sean G_1 y G_2 dos g-inversas que dan soluciones norma mínima, entonces $(G_1 - G_2)AA^T = 0 \Rightarrow (G_1 - G_2)A = 0$, es decir, $G_1A = G_2A \Rightarrow GA$ es única y desde luego $G\underline{y} = G\underline{Ax}$ es única.

Denominemos a las g-inversas que hacen mínima la norma de la solución de la ecuación $\underline{Ax} = \underline{y}$, por A_n^- , y la expresión general de A_n^- es,

$$A_n^- = A^T(AA^T)^- + U(I - AA^T(AA^T)^-),$$

siendo U una matriz arbitraria.

Una g-inversa reflexiva y que da solución mínima norma se escribe por A_{nr}^- , y

$$A_{nr}^- = A^T(AA^T)^-$$

2.- g-inversas mínimos cuadrados.

Consideremos la ecuación inconsistente $\underline{Ax} = \underline{y}$, se dice que $\underline{\hat{x}}$ es solución mínimos cuadrados de dicha ecuación, si

$$\|\underline{A\hat{x}} - \underline{y}\| = \min_x \|\underline{Ax} - \underline{y}\|$$

Sea G una matriz tal que $G\underline{y}$ es una solución mínimos cuadrados de $\underline{Ax} = \underline{y}$, entonces $AGA = A$ y $(AG)^T = AG$, siendo equivalentes las siguientes condiciones,

$$(i).- AGA = A \quad (AG)^T = AG$$

$$(ii) A^T AG = A^T$$

$$(iii) AG = P_A = \text{proyección ortogonal sobre } A.$$

La solución mínimos cuadrados de $A\underline{x} = \underline{y}$ puede n o ser única, pero el mínimo de $\|A\underline{x} - \underline{y}\|$ es único.

Llamaremos a las g-inversas que dan soluciones mínimos cuadrados por A_m^- .

Si $\|\underline{y}\|^2 = \underline{y}^T P \underline{y}$, entonces una solución general mínimos cuadrados es,

$$(A^T P A)^{-1} A^T P + (I - (A^T P A)^{-1} A^T P A) U$$

para una matriz arbitraria U.

Una g-inversa reflexiva mínimos cuadrados A_{nr}^- se representa por

$$A_{nr}^- = (A^T P A)^{-1} A^T P.$$

3.- g-inversas mínima norma y mínimos cuadrados.

Sea el sistema inconsistente $A\underline{x} = \underline{y}$, se dice que G es una g-inversa mínima norma y mínimos cuadrados, si, de entre todas las g-inversas mínimos cuadrados A_m^- se escoge la g-inversa que ofrece la solución mínima norma, es decir,

$$\|G\underline{y}\| = \text{mínimo para toda } G \text{ mínimos cuadrados.}$$

La matriz G así definida verifica, $AGA = A$, $(AG)^T = AG$, $GAG = G$, $(GA)^T = GA$.

La solución y la g-inversa mínimos cuadrados y norma mínima son únicas.

Las siguientes condiciones son equivalentes para $\|\underline{y}\|^2 = \underline{y}^T P \underline{y}$, y $\|\underline{x}\|^2 = \underline{x}^T \underline{x}$.

$$(i).- AGA = A, GAG = G, (AG)^T = AG, (GA)^T = GA$$

$$(ii) A^T P A G = A^T P, G^T G A = G^T$$

$$(iii) AG = P_A, GA = P_G.$$

Se llamará a la matriz g-inversa de A norma mínima y mínimos cuadrados, con respecto a la norma $\|y\|^2 = y^T P y$, $\|x\|^2 = x^T x$, por A_{PI}^+ , y si P es definida positiva, tenemos que $(A_{PI}^+)_{PI}^+ = A$.

La representación de la matriz A_{PI}^+ viene dada por

$$A_{PI}^+ = AI + A^T P A (A^T P A (I + A^T P A)^{-1} A^T P)^{-1} A^T P.$$

Cuando $P = I$, se tiene que escribiendo $A^+ = A_{II}^+$,

$$A^+ = A^T (A^T A A^T)^{-1} A^T = A^T A (A^T A A^T)^{-1} A^T,$$

para cualquier elección de g-inversa $()^-$.

En el apéndice 4 se va a tratar sobre los métodos de cálculo para el cálculo explícito de la matriz g-inversa norma mínima y mínimos cuadrados, no obstante vamos a dar varias representaciones explícitas de la matriz A_{PI}^+ .

(i).- Si P es una matriz definida y positiva, entonces

$$A_{PI}^+ = (P^{1/2} A)^+ P^{1/2} = A^T P A (A^T P A A^T P A)^{-1} A^T P,$$

y puesto que $A^T P A = N$ (matriz normal), se puede escribir,

$$A_{PI}^+ = N (N^T N)^{-1} A^T P = N (N N)^{-1} A^T P = N^+ A^T P,$$

puesto que N es una matriz simétrica.

(ii).- Sea $A = \lambda_1 w_1 v_1^T + \dots + \lambda_n w_n v_n^T$, la descomposición en valores singulares de la matriz A, entonces

$$A^+ = \lambda_1^{-1} \underline{v}_1 \underline{w}_1^T + \dots + \lambda_r^{-1} \underline{v}_r \underline{w}_r^T$$

siendo r el número de autovalores distintos de cero de la matriz A , y que coincide con $\text{rango}(A)$.

(iii) Sean N, U, V matrices de dimensión (n, n) , (n, s) y (n, s) respectivamente. Si $\text{rango}(A) = n-s$, $\text{rango}(U) = \text{rango}(V) = s$ y $L(A) + L(U) = L(A^T) + L(V) = \mathbb{R}^n$, entonces la matriz,

$$\begin{pmatrix} N & U \\ V^T & 0 \end{pmatrix}$$

es no singular, y por tanto invertible en el sentido clásico,

$$\begin{pmatrix} N & U \\ V^T & 0 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} B & H \\ K^T & R \end{pmatrix}$$

verificándose las siguientes relaciones,

$$NBN = N, BNB = B, BU = 0, V^T N = 0, NU = 0, R = 0, B = N^+.$$

(iv).- Si $A = DF$ es una factorización de A . Entonces

$$A^+ = F^T (FF^T)^{-1} (D^T D)^{-1} D^T$$

$$A_{PI}^+ = E^T (FF^T)^{-1} (D^T P D)^{-1} D^T P,$$

si P es definida positiva.

Por último digamos, que para una mayor extensión, tanto en los conceptos como en las demostraciones, se pueden consultar los apuntes del curso de doctorado sobre redes geodésicas impartido por el profesor J.M. Sevilla, en la facultad de Ciencias Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid.

3.- Modelos lineales.

En este apartado vamos a introducir las técnicas de estimación de parámetros en modelos lineales según el método de mínimos cuadrados.

Consideremos el modelo lineal,

$$A\mathbf{x} - \mathbf{t} = \mathbf{v}, \quad E(A\mathbf{x}) = \mathbf{t} \quad \text{o} \quad E(\mathbf{v}) = \mathbf{0} \quad (3.1)$$

siendo $A(m,n)$ la matriz de diseño, $\mathbf{x}(n,1)$ el vector de parámetros a estimar, $\mathbf{t}(m,1)$ el vector de observaciones y $\mathbf{v}(m,1)$ el vector de residuos.

Se supone que \mathbf{v} sigue una distribución normal $N(\mathbf{0}, s^2 Q)$, m -dimensional de media $\mathbf{0}$ y matriz de varianzas-covarianzas $s^2 Q$, donde Q es no singular.

La estimación mínimos cuadrados es

$$\hat{\mathbf{x}} = (A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} \mathbf{t} \quad (3.2)$$

La estimación $\hat{\mathbf{x}}$ es centrada, puesto que

$$\begin{aligned} E(\hat{\mathbf{x}}) &= E((A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} \mathbf{t}) = (A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} E(\mathbf{t}) = \\ &= (A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} A \mathbf{x} = \mathbf{x}. \end{aligned}$$

La matriz de varianzas-covarianzas del vector de parámetros estimado es

$$\begin{aligned} C_{\hat{\mathbf{x}}\hat{\mathbf{x}}} &= E((\hat{\mathbf{x}} - E(\hat{\mathbf{x}}))(\hat{\mathbf{x}} - E(\hat{\mathbf{x}}))^T) = \\ &= (A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} E(\mathbf{t} \mathbf{t}^T) Q^{-1} A (A^T Q^{-1} A)^{-1} = \\ &= (A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1} Q Q^{-1} A (A^T Q^{-1} A)^{-1} s^2 = \\ &= (A^T Q^{-1} A)^{-1} s^2, \end{aligned}$$

En los cálculos que siguen, con el fin de no complicar la notación, se va a suponer que la matriz de varianzas-covarianzas a priori de las observaciones es $s^2 I$, en vez de $s^2 Q$. Esto no es restrictivo, puesto que Q es por hipótesis una matriz definida positiva, y por tanto existe una descomposición $Q^{-1} = L^T L$, donde L es una matriz triangular superior. Hagamos el cambio de variable $\underline{t}' = L^T \underline{t}$, se tiene que la variable \underline{t}' sigue una distribución normal $N(L^T A \underline{x}, s^2 I)$, y llamando $A' = L^T A$, se tiene $\underline{t}' \sim N(A' \underline{x}, s^2 I)$. Por tanto para obtener resultados generales para una matriz Q cualquiera basta sustituir \underline{t} por $L^T \underline{t}$ y A por $L^T A$, para $Q^{-1} = L^T L$.

Consideremos la diferencia entre los valores observados y los valores estimados,

$$\underline{t} - \underline{\hat{t}} = \underline{t} - A \underline{\hat{x}} = \underline{t} - A(A^T A)^{-1} A^T \underline{t} = (I - A(A^T A)^{-1} A^T) \underline{t}.$$

La matriz $(I - A(A^T A)^{-1} A^T) = H$ es evidentemente simétrica y además idempotente, puesto que,

$$\begin{aligned} HH &= (I - A(A^T A)^{-1} A^T)(I - A(A^T A)^{-1} A^T) = I - 2A(A^T A)^{-1} A^T + \\ &A(A^T A)^{-1} A^T A(A^T A)^{-1} A^T = I - A(A^T A)^{-1} A^T = H. \end{aligned}$$

Además se verifica que,

$$\begin{aligned} HA &= (I - A(A^T A)^{-1} A^T)A = A - A(A^T A)^{-1} A^T A = A - A = 0 \\ A^T H &= A^T(I - A(A^T A)^{-1} A^T) = A^T - A^T A(A^T A)^{-1} A^T = A^T - A^T = \\ &= 0. \end{aligned}$$

Para una matriz Q cualquiera de varianzas-covarianzas a priori para las observaciones, la matriz H es

$$H = (I - A(A^T Q^{-1} A)^{-1} A^T Q^{-1}).$$

Se define el error residual R como la suma de cuadrados de los residuos $(\underline{t} - \underline{f})$,

$$R = (\underline{t} - \underline{f})^T (\underline{t} - \underline{f}) = \underline{t}^T H H \underline{t} = \underline{t}^T H \underline{t} = \underline{t}^T \underline{t} - \underline{\hat{x}}^T A^T \underline{t}$$

y para una matriz Q cualquiera,

$$R = \underline{t}^T Q^{-1} \underline{t} - \underline{\hat{x}}^T A^T Q^{-1} \underline{t} = \underline{\hat{v}}^T Q^{-1} \underline{\hat{v}}$$

Calculando la esperanza de esta expresión se tiene (Searle, J.R., 1971),

$$E(\underline{t}^T \underline{t} - \underline{\hat{x}}^T A^T \underline{t}) = \text{traza}(H) s^2 = \text{rango}(H) s^2 = (m - \text{rango}(A)) \cdot s^2 = (m - n) s^2,$$

puesto que para una matriz idempotente la traza es igual al rango.

Por tanto, un estimador centrado de la varianza s^2 de peso unidad es

$$\hat{s}^2 = R / (m - n) = \underline{\hat{v}}^T \underline{\hat{v}} / (m - n)$$

Se ha supuesto que el vector de residuos \underline{v} seguía una distribución normal de m dimensiones $N(\underline{0}, s^2 I)$, entonces la distribución de la estimación $\underline{\hat{x}}$ es $\underline{\hat{x}} \sim N(\underline{x}, (A^T A)^{-1} s^2)$, y por tanto la variable tipificada $(\hat{x}_i - x_i) / \sqrt{C_{\hat{x}\hat{x}}^{ii}} \sim N(0, 1)$, siendo $C_{\hat{x}\hat{x}}^{ii}$ el elemento i -ésimo de la diagonal principal de $C_{\hat{x}\hat{x}}$. Sea, en el caso en que s^2 sea desconocido a priori, $C_{\hat{x}\hat{x}} = Q_{\hat{x}\hat{x}} s^2$, entonces la variable,

$$(\hat{x}_i - x_i) / \sqrt{Q_{\hat{x}\hat{x}}^{ii}} \hat{s}^2 \sim t_{m-n} \quad (3.3)$$

siendo t_{m-n} la variable de Student con $m-n$ grados de libertad.

Elegido un nivel de probabilidad α , el intervalo de confianza para la variable (3) viene dado por

$$\text{pr}(t'_{m-n, \alpha} \leq \frac{\hat{x}_i - x_i}{\sqrt{Q_{\hat{x}\hat{x}}^{ii} s^2}} \leq t''_{m-n, \alpha}) = 1 - \alpha$$

dados t' y t'' por

$$\text{pr}(t \leq t'_{m-n, \alpha}) + \text{pr}(t \geq t''_{m-n, \alpha}) = \alpha$$

Por tanto el intervalo de confianza para las \hat{x}_i es

$$\text{pr}(\hat{x}_i - \hat{s} \sqrt{Q_{\hat{x}\hat{x}}^{ii}} t''_{m-n, \alpha} \leq x_i \leq \hat{x}_i + \hat{s} \sqrt{Q_{\hat{x}\hat{x}}^{ii}} t'_{m-n, \alpha}) = 1 - \alpha$$

Sea $\underline{f}^T \underline{x}$ una función lineal de \underline{x} , entonces el intervalo de confianza para la determinación o estimación de $\underline{f}^T \underline{x}$ viene dado por

$$\text{pr}(\underline{f}^T \hat{\underline{x}} - t' \hat{s} \sqrt{\underline{f}^T Q_{\hat{x}\hat{x}} \underline{f}} \leq \underline{f}^T \underline{x} \leq \underline{f}^T \hat{\underline{x}} + t'' \hat{s} \sqrt{\underline{f}^T Q_{\hat{x}\hat{x}} \underline{f}}) = 1 - \alpha$$

siendo t' y t'' los valores de la t de Student para $m-n$ grados de libertad a un nivel de probabilidad α .

A continuación vamos a formular la hipótesis lineal general de la forma siguiente. Sea el modelo lineal,

$$\underline{A}\underline{x} - \underline{t} = \underline{v}, \quad E(\underline{v}) = \underline{0}, \quad \underline{v} \sim N(\underline{0}, s^2 \underline{I})$$

y consideremos la hipótesis H dada por

$$H: \underline{C}\underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$$

siendo \underline{C} una matriz de s filas y n columnas, \underline{t}_c un vector de cons-

tantes $(s, 1)$ y $\text{rango}(C) = s < n$, y por tanto la ecuación $C\mathbf{x} = \mathbf{t}_c$ es consistente. Luego

$$\mathbf{t} \sim N(\mathbf{Ax}, s^2 \mathbf{I})$$

$$\hat{\mathbf{x}} \sim N(\mathbf{x}, (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} s^2)$$

$$C\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t}_c \sim N(C\mathbf{x} - \mathbf{t}_c, C(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} C^T s^2)$$

La forma cuadrática W/s^2 , donde W viene dado por,

$$W = (C\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t}_c)^T (C(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} C^T)^{-1} (C\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t}_c)$$

sigue una distribución χ^2 con s grados de libertad y parámetro de no centralidad dado por,

$$\lambda = (C\mathbf{x} - \mathbf{t}_c)^T (C(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} C^T)^{-1} (C\mathbf{x} - \mathbf{t}_c) / 2s^2$$

según el apartado 1 de este apéndice.

Por otra parte las formas cuadráticas $R = \hat{\mathbf{v}}^T \hat{\mathbf{v}} = (\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t})^T (\mathbf{A}\hat{\mathbf{x}} - \mathbf{t})$ y W son independientes (Searle, J.R., 1971), y puesto que $\mathbf{v} \sim N(\mathbf{0}, s^2 \mathbf{I})$, se tiene que la variable R se distribuye según una χ^2 con $m-n$ grados de libertad.

Luego el estadístico $F(H)$ definido por

$$F(H) = \frac{W/s}{R/(\overline{m}-n)} = \frac{W}{\hat{s}^2 s} \sim F_{s, m-n}$$

sigue una distribución F de Snedecor con $(s, m-n)$ grados de libertad y parámetro de no centralidad λ .

Bajo la hipótesis nula $H: C\mathbf{x} = \mathbf{t}_c$, el estadístico $F(H)$ sigue una distribución $F_{s, m-n}$ central.

Supongamos que la hipótesis nula es cierta al ser contrastada con el estadístico $F(H)$, es decir, $F(H) \sim F_{s, m-n}$. Cabe pre-

guntarse, cual sería la estimación de \underline{x} bajo la hipótesis nula H ? Dicho de otra forma, queremos determinar el mínimo de la forma cuadrática $(\underline{t} - A\underline{x})^T(\underline{t} - A\underline{x})$ bajo el constreñimiento dado $C\underline{x} = \underline{t}_c$.

Utilizando el método de multiplicadores de Lagrange, minimicemos la forma $(\underline{t} - A\underline{x})^T(\underline{t} - A\underline{x}) + 2 \underline{\lambda}^T(C\underline{x} - \underline{t}_c)$, siendo $\underline{\lambda}$ un vector $(s,1)$ de multiplicadores de Lagrange, llegándose a las ecuaciones normales,

$$A^T A \hat{\underline{x}} + C^T \underline{\lambda} = A^T \underline{t}$$

$$C \hat{\underline{x}} = \underline{t}_c$$

llamando $\underline{x}^* = (A^T A)^{-1} A^T \underline{t}$, la solución buscada es

$$\hat{\underline{x}} = \underline{x}^* - (A^T A)^{-1} C^T (C(A^T A)^{-1} C^T)^{-1} (C \underline{x}^* - \underline{t}_c) = \underline{x}^* - \underline{h}$$

$$\underline{\lambda} = (C(A^T A)^{-1} C^T)^{-1} (C \hat{\underline{x}} - \underline{t}_c)$$

Se demuestra sin dificultad que bajo la hipótesis nula el valor $R = \hat{\underline{v}}^T \hat{\underline{v}}$, viene dado por

$$R/H = (\underline{t} - A \hat{\underline{x}})^T (\underline{t} - A \hat{\underline{x}}) = (\underline{t} - A(\underline{x}^* - \underline{h}))^T$$

$$(\underline{t} - A(\underline{x}^* - \underline{h})) = R + W$$

$$R = (\underline{t} - A \underline{x}^*)^T (\underline{t} - A \underline{x}^*)$$

$$W = (C \underline{x}^* - \underline{t}_c)^T (C(A^T A)^{-1} C^T)^{-1} (C \underline{x}^* - \underline{t}_c)$$

Demos cuatro ejemplos de gran aplicación a casos geodésicos concretos.

(i).- Sea la hipótesis nula $H: \underline{x} = \underline{0}$, es decir, el vector de parámetros a estimar es el vector nulo. Por tanto de acuerdo al

planteamiento general se tiene que

$$C = I, \underline{t}_C = \underline{0}, s = n,$$

y el estadístico $F(H)$ se escribe

$$F(H) = \frac{\hat{\underline{x}}^T (A^T A) \hat{\underline{x}}}{\hat{s}^2 n}$$

que bajo la hipótesis nula sigue una distribución $F_{n,m-n}$.

(ii).- Consideremos la hipótesis nula $H: \underline{x}_q = \underline{0}$, siendo \underline{x}_q un subvector de \underline{x} , es decir, x_1, \dots, x_q son componentes nulas de \underline{x} , para $q < n$. En este caso tendremos,

$$C = (I_q; 0), \underline{t}_C = \underline{0}, s = q.$$

Descompongamos la matriz $N = (A^T A)$ en la forma,

$$N^{-1} = \begin{pmatrix} H_{qq} & H_{pq} \\ H_{qp} & H_{pp} \end{pmatrix} \quad n = p + q$$

$$\underline{x} = (\underline{x}_q; \underline{x}_p)$$

y el estadístico $F(H)$ se escribe en este caso,

$$F(H) = \frac{\hat{\underline{x}}_q^T H_{qq}^{-1} \hat{\underline{x}}_q}{\hat{s}^2}$$

y bajo la hipótesis nula $F(H)$ sigue una distribución $F_{q,m-n}$, y

$$\hat{\underline{x}} = \underline{x}^* - (A^T A)^{-1} \begin{pmatrix} I_q \\ 0 \end{pmatrix} H_{qq}^{-1} \underline{x}_q^* = (\underline{0}; \underline{x}_p^* - H_{pq} H_{qq}^{-1} \underline{x}_q^*)$$

que sería la solución constreñida bajo la hipótesis H.

(iii).- Otro caso interesante, es cuando se supone la hipótesis de que los parámetros a estimar tengan un valor determinado, esto es, $H: \underline{x}_q = \underline{m}_q$, ($x_1 = m_1, \dots, x_q = m_q$). Al igual que en el caso anterior se tendría el estadístico,

$$F(H) = \frac{(\hat{\underline{x}}_q - \underline{m}_q)^T \underline{H}^{-1} (\hat{\underline{x}}_q - \underline{m}_q)}{q \hat{s}^2}$$

(iv).- Supongamos ahora que la matriz C se reduce a un vector \underline{h} , y la hipótesis se puede plantear en la forma, $H: \underline{h}^T \underline{x} = c$, siendo c un escalar. El estadístico F(H) se escribe en este caso

$$\begin{aligned} F(H) &= (\underline{h}^T \hat{\underline{x}} - c) (\underline{h}^T (A^T A)^{-1} \underline{h})^{-1} (\underline{h}^T \hat{\underline{x}} - c) / \hat{s}^2 = \\ &= (\underline{h}^T \hat{\underline{x}} - c)^2 / (\underline{h}^T (A^T A)^{-1} \underline{h}) \hat{s}^2 \end{aligned}$$

que bajo la hipótesis nula sigue una distribución $F_{1, m-n}$, y por tanto el estadístico $\sqrt{F(H)}$ dado por

$$\sqrt{F(H)} = (\underline{h}^T \hat{\underline{x}} - c) / \hat{s} \sqrt{\underline{h}^T (A^T A)^{-1} \underline{h}}$$

sigue una distribución t_{m-n} .

El valor de la estimación $\hat{\underline{x}}$ bajo la hipótesis nula es,

$$\hat{\underline{x}} = \underline{x}^* - (A^T A)^{-1} \underline{h} (\underline{h}^T (A^T A)^{-1} \underline{h})^{-1} (\underline{h}^T \underline{x}^* - c)$$

Un caso particular es cuando el vector \underline{h} es de la forma

$\underline{h} = (0, \dots, \overset{(i)}{1}, \dots, 0)$, y se quiere contrastar la hipótesis

$H: \underline{h}^T \underline{x} = c$. Llamando $N = A^T A$, se tiene que $\underline{h}^T N^{-1} \underline{h} = (N_{ii}^{-1})$, y por tanto,

$$\sqrt{F(H)} = (\hat{x}_i - c) / \hat{s} \sqrt{N_{ii}^{-1}} \sim t_{m-n}$$

Vamos a tratar a continuación los modelos con defecto de rango, esto es, cuando la matriz A tiene una o varias columnas que son combinación lineal de las restantes.

Sea el modelo lineal,

$$A\underline{x} - \underline{t} = \underline{v}$$

donde A es la matriz de diseño (m,n) , \underline{x} el vector de parámetros a estimar $(n,1)$, \underline{t} el vector de observaciones $(m,1)$ y \underline{v} el vector de residuos. El modelo verifica las siguientes propiedades estocásticas,

$$E(\underline{t}) = A\underline{x}, E(\underline{v}) = \underline{0}, E(\underline{v}^T \underline{v}) = s^2 I, \underline{v} \sim N(\underline{0}, s^2 I), \\ \underline{t} \sim N(A\underline{x}, s^2 I).$$

La estimación mínimos cuadrados es,

$$(A^T A) \hat{\underline{x}} = A^T \underline{t},$$

ahora bien, si $\text{rango}(A) = r < n$, entonces la matriz $(A^T A)$ es singular y su inversa no existe en el sentido clásico.

Sea \underline{x}^0 una solución particular de la ecuación anterior y G la inversa generalizada de la que procede dicha solución, es decir

$$\underline{x}^0 = G A^T \underline{t}, G = (A^T A)^-$$

Evidentemente \underline{x}^0 depende de la g -inversa elegida y además no es una estimación centrada de \underline{x} , por lo que hablaremos de \underline{x}^0 como de una solución, no de una estimación o estimador de \underline{x} , puesto que

$$E(\underline{x}^0) = GA^T E(\underline{t}) = GA^T A \underline{x} = H \underline{x},$$

y la matriz H en general no coincide con la matriz identidad, luego \underline{x}^0 es un estimador de $H \underline{x}$, pero no de \underline{x} .

La matriz de varianzas-covarianzas de \underline{x}^0 es

$$\text{var}(\underline{x}^0) = \text{var}(GA^T \underline{t}) = GA^T \text{var}(\underline{t}) AG^T = GA^T AG^T s^2.$$

Por otra parte, $E(\underline{f}) = AE(\underline{x}^0) = AH \underline{x} = AGN \underline{x} = A \underline{x} = \underline{t}$, luego $\underline{f} = A \underline{x}^0$ es un estimador centrado de \underline{t} , y por tanto no depende de la elección de G , ni por supuesto de la solución \underline{x}^0 , es decir, si \underline{x}_*^0 es otra solución que proviene de la g -inversa G_* , se tiene

$$E(\underline{f}_*) = AE(\underline{x}_*^0) = E(\underline{f}) = AE(\underline{x}^0) = \underline{t}.$$

Sea $R = (\underline{t} - A \underline{x}^0)^T (\underline{t} - A \underline{x}^0) = \underline{t}^T (I - AGA^T) \underline{t}$, puesto que $A \underline{x}^0 = AGA^T \underline{t}$ y $(\underline{t} - AGA^T \underline{t})^T (\underline{t} - AGA^T \underline{t}) = \underline{t}^T (I - AGA^T) \underline{t}$, por las propiedades de la matriz G . La matriz $(I - AGA^T)$ es evidentemente simétrica y además idempotente, pues

$$(I - AGA^T)(I - AGA^T) = (I - 2AGA^T + AGA^T AGA^T) = (I - AGA^T),$$

pues

$$AGA^T AGA^T = AGNGA^T = AGA^T.$$

Por otra parte, la matriz AGA^T es independiente de la g -inversa G elegida, y desde luego la matriz $(I - AGA^T)$ también.

La esperanza de la cantidad R es según el teorema 1 de distribución de formas cuadráticas del apartado 1 de este apéndice,

$$E(R) = E(\underline{t}^T (I - AGA^T) \underline{t}) = \text{traza}((I - AGA^T) s^2) + \underline{x}^T A^T (I - AGA^T) A \underline{x} = s^2 \text{rango}(I - AGA^T) = s^2 (m - \text{rango}(AGA^T))$$

puesto que la traza de una matriz idempotente es igual a su rango y $\underline{x}^T A^T (I - A G A^T) A \underline{x} = \underline{x}^T (N - N G N) \underline{x} = 0$, pues $N G N = N$.

Estudiemos a continuación las distribuciones de \underline{x}^0 y de las distintas estimaciones encontradas. Se sabe que

$$\underline{v} \sim N(\underline{0}, s^2 I), \quad \underline{t} \sim N(A \underline{x}, s^2 I)$$

y por tanto

$$\underline{x}_0 \sim N(H \underline{x}, H G^T s^2), \quad H = G A^T A.$$

Un resultado importante es que \underline{x}^0 y $\hat{s}^2 = R/(m - \text{rango}(A))$ se distribuyen de forma independiente, pues

$$\underline{x}^0 = G A^T \underline{t} \quad R = \underline{t}^T (I - A G A^T) \underline{t}$$

y el producto de las matrices

$$G A^T (I - A G A^T) = G (A^T - A^T A G A^T) = G 0 = 0,$$

y por tanto las cantidades \underline{x}^0 y \hat{s}^2 son independientes.

Vamos a introducir el concepto de cantidad estimable.

Se dice que una función $\underline{q}^T \underline{x}$ es estimable si existe un vector \underline{p} tal que, $\underline{q}^T \underline{x} = \underline{p}^T E(\underline{t}) = E(\underline{p}^T \underline{t})$, teniéndose los siguientes resultados.

- (i) la esperanza de cualquier estimación es estimable
- (ii) las combinaciones lineales de funciones estimables son también estimables.
- (iii) si $\underline{q}^T \underline{x}$ es estimable, entonces existe un vector \underline{p} tal que, $\underline{q}^T \underline{x} = \underline{p}^T E(\underline{t}) = \underline{p}^T A \underline{x}$, luego $\underline{q}^T = \underline{p}^T A$, para algún vector \underline{p} .

Por tanto se tiene un resultado importante: $\underline{q}^T \underline{x}$ es una fun-

ción estimable si y solo si existe un vector \underline{p} , tal que $\underline{q}^T = \underline{p}^T A$.

Otro resultado fundamental es el siguiente. Si $\underline{q}^T \underline{x}$ es estimable, entonces $\underline{q}^T \underline{x}^0$ es invariante para cualquier elección de la g -inversa G , puesto que

$$\underline{q}^T \underline{x}^0 = \underline{p}^T A \underline{x}^0 = \underline{p}^T A G A^T \underline{t},$$

y $A G A^T$ es invariante respecto a la g -inversa G . Luego si $\underline{q}^T \underline{x}$ es estimable, entonces $\underline{q}^T \underline{x}^0$ toma el mismo valor para toda solución \underline{x}^0 de las ecuaciones normales.

El mejor estimador lineal centrado de $\underline{q}^T \underline{x}$ es $\underline{q}^T \underline{x}^0$, puesto que $\underline{q}^T \underline{x}^0 = \underline{q}^T G A^T \underline{t}$ es lineal en \underline{t} . También $\underline{q}^T \underline{x}^0$ es un estimador centrado de $\underline{q}^T \underline{x}$, pues

$$E(\underline{q}^T \underline{x}^0) = \underline{q}^T E(\underline{x}^0) = \underline{q}^T H \underline{x} = \underline{p}^T A H \underline{x} = \underline{p}^T A \underline{x} = \underline{q}^T \underline{x},$$

por las propiedades de la g -inversa G , $A G A^T A = A H = A$.

Demostremos ahora que la estimación $\underline{q}^T \underline{x}^0$ de $\underline{q}^T \underline{x}$ es de mínima varianza, para lo cual calculemos su varianza,

$$\text{var}(\underline{q}^T \underline{x}^0) = \underline{q}^T G A^T A G^T \underline{q} \hat{s}^2 = \underline{q}^T G \underline{q} \hat{s}^2.$$

Supongamos ahora que $\underline{k}^T \underline{y}$ es un estimador centrado de $\underline{q}^T \underline{x}$, es decir, $E(\underline{k}^T \underline{y}) = \underline{q}^T \underline{x}$. Desde luego,

$$\text{cov}(\underline{q}^T \underline{x}^0, \underline{k}^T \underline{y}) = \text{cov}(\underline{q}^T G A^T \underline{t}, \underline{k}^T \underline{y}) = \underline{q}^T G \underline{q} \hat{s}^2$$

y la varianza

$$\begin{aligned} \text{var}(\underline{q}^T \underline{x}^0 - \underline{k}^T \underline{y}) &= \text{var}(\underline{q}^T \underline{x}^0) + \text{var}(\underline{k}^T \underline{y}) - 2\text{cov}(\underline{q}^T \underline{x}^0, \underline{k}^T \underline{y}) = \\ &= \text{var}(\underline{k}^T \underline{y}) - \underline{q}^T G \underline{q} \hat{s}^2 = \text{var}(\underline{k}^T \underline{y}) - \text{var}(\underline{q}^T \underline{x}^0) \geq 0, \end{aligned}$$

con lo que queda demostrado.

Este resultado es fundamental, cualquier solución \underline{x}^0 de las ecuaciones normales en un modelo con deficiencia de rango, depende de la g -inversa G de la matriz normal N . Ahora bien, para funciones estimables $\underline{q}^T \underline{x}^0$ la elección de G es transparente. Consideremos dos inversas generalizadas G_1 y G_2 de N , obteniéndose a partir de ellas las soluciones \underline{x}_1^0 y \underline{x}_2^0 , entonces

$$E(\underline{q}^T \underline{x}_1^0) = E(\underline{q}^T \underline{x}_2^0) = \underline{q}^T \underline{x}$$

$$\text{var}(\underline{q}^T \underline{x}_1^0) = \underline{q}^T G_1 \underline{q} \hat{s}^2 = \text{var}(\underline{q}^T \underline{x}_2^0) = \underline{q}^T G_2 \underline{q} \hat{s}^2.$$

A continuación vamos a discutir algunos casos particulares de gran interés de funciones estimables. La condición de estimabilidad se traduce en $\underline{q}^T = \underline{p}^T A$, para algún vector \underline{p} .

Cualquier función lineal de \underline{Ax} es estimable. Sea $\underline{m}^T \underline{Ax}$ una función lineal de \underline{Ax} . Su mejor estimación lineal centrada es $\underline{m}^T \underline{Ax}^0$ y la varianza de dicha estimación es $\underline{m}^T A G A^T \underline{m} \hat{s}^2$, verificándose que $E(\underline{m}^T \underline{Ax}^0) = \underline{m}^T \underline{Ax}$.

También cualquier función lineal de $A^T \underline{Ax}$ es estimable. Sea $\underline{m}^T A^T \underline{Ax}$, su mejor estimación lineal centrada es $\underline{m}^T A^T \underline{Ax}^0$, con $E(\underline{m}^T A^T \underline{Ax}^0) = \underline{m}^T A^T \underline{Ax}$, y la varianza de la estimación es $\underline{m}^T A^T A G A A^T \underline{m} \hat{s}^2 = \underline{m}^T A^T A \underline{m} \hat{s}^2$.

Otro caso de particular interés en geodesia es la estimabilidad de la función $\underline{Hx} = G \underline{Nx}$, siendo su mejor estimación $\underline{Hx}^0 = G \underline{Nx}^0 = G N G A^T \underline{t} = G A^T \underline{t} = \underline{x}^0$, y la varianza de dicha estimación es

$$\text{var}(\underline{Hx}^0) = \text{var}(\underline{x}^0) = H G H \hat{s}^2 = G N G N G \hat{s}^2 = G \hat{s}^2.$$

Cuando el problema es de orden grande, es decir, las dimensiones de la matriz $A(m,n)$, son números grandes, la investiga-

ción de la estimabilidad de una cierta función $\underline{q}^T \underline{x}$, en base a la resolución de la ecuación matricial $\underline{q}^T = \underline{p}^T A$, puede ser un grave problema. Una forma alternativa de investigar la estimabilidad de la función $\underline{q}^T \underline{x}$, es a partir del siguiente resultado: Si $\underline{q}^T \underline{x}$ es estimable, entonces $\underline{q}^T H = \underline{q}^T$, puesto que $\underline{q}^T H = \underline{p}^T A H = \underline{p}^T A = \underline{q}^T$. Así una vez determinada la matriz H se tiene un procedimiento directo para investigar la estimabilidad de funciones

Si hacemos la descomposición de la matriz A en columnas en la forma

$$A = (A_1, \dots, A_n)$$

entonces,

$$\underline{m}^T A \underline{x} = (\underline{m}^T A_1) x_1 + \dots + (\underline{m}^T A_n) x_n$$

y su mejor estimación lineal centrada es

$$\underline{m}^T A \underline{x}^0 = (\underline{m}^T A_1) x_1^0 + \dots + (\underline{m}^T A_n) x_n^0.$$

Por ejemplo, para $\underline{m} = (0, \dots, (i_1, \dots, 0)^T$ se tiene que $\underline{m}^T A \underline{x}$ es la observación i -ésima, y por tanto, cualquier observación es una función estimable de \underline{x} . De la misma forma, considerando $\underline{m}^T (A^T A) \underline{x}$, la ecuación normal i -ésima es también una función estimable de \underline{x} .

Vamos a plantear la hipótesis lineal general para modelos con defecto de rango. Diremos que una hipótesis $H: \underline{C} \underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$ es testeable, si puede expresarse en términos de funciones estimables. Dicho en otras palabras, si $\underline{C} \underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$ no depende de la g -inversa G elegida para la determinación de \underline{x}^0 . Por tanto, una hipótesis $H: \underline{C} \underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$ es testeable si $\underline{C} \underline{x}^0 - \underline{t}_c$ es invariante respecto a \underline{x}^0 .

Consideremos la matriz $C(s, n)$, de rango s , descompuesta en columnas en la forma

$$C = (C_1^T, \dots, C_s^T).$$

La hipótesis $H: Cx = t_c$ se puede escribir,

$$(C_1^T x, \dots, C_s^T x) = (t_{c_1}, \dots, t_{c_s})$$

y es testeable si cada una de las s funciones $C_i^T x$ es tal que existe un vector p_i^T que verifica $C_i^T = p_i^T A$, o en forma matricial, existe una matriz $P(s, m)$ tal que $C = PA$.

En estas condiciones, la mejor estimación de Cx es Cx^0 , y la varianza de dicha estimación es $C GCs^2$, es decir,

$$(\hat{Cx}) = Cx^0, E(Cx^0) = Cx, \text{var}(Cx^0) = C GCs^2$$

Supongamos que la hipótesis $H: Cx = t_c$ es testeable, y que el modelo lineal $Ax - t = v$ verifica las propiedades,

$$t \sim N(Ax, s^2 I), x^0 \sim N(GA^T Ax, GA^T AG^T s^2)$$

$$Cx^0 - t_c \sim N(Cx - t_c, CGC^T s^2).$$

La forma cuadrática

$$W = (Cx^0 - t_c)^T (CGC^T)^{-1} (Cx^0 - t_c)$$

sigue una distribución χ^2 de parámetro s y no centralidad dada por $(Cx - t_c)^T (CGC^T)^{-1} (Cx - t_c) / 2s^2$, puesto que la matriz (CGC^T) es regular e invertible por métodos clásicos al ser la hipótesis una función estimable.

Por otra parte, $R = (t - Ax^0)^T (t - Ax^0) = t^T (I - AGA^T) t$, y la distribución de R es una χ^2 con $m-r$ grados de libertad. Pues-

to que W y R son independientes, el estadístico $F(H)$ definido por

$$F(H) = \frac{W/s}{R/(m-r)}$$

sigue una distribución F con s , $m-r$ grados de libertad y parámetro de no centralidad $\lambda = (\underline{C}\underline{x} - \underline{t}_c)^T (CGC^T)^{-1} (\underline{C}\underline{x} - \underline{t}_c) / 2s$, y bajo la hipótesis nula $F(H)$ se distribuye según una F central de s , $m-r$ grados de libertad.

Supongamos que se busca una solución \underline{x}^0 bajo la hipótesis nula $H: \underline{C}\underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$, y sea dicha solución \underline{x}^0/H . Usando el método de multiplicadores de Lagrange, minimicemos la forma cuadrática $(\underline{t} - A\underline{x})^T (\underline{t} - A\underline{x})$, sujeta a la condición $\underline{C}\underline{x} = \underline{t}_c$, lo que conduce al sistema normal

$$A^T A \underline{x}^0/H + C^T \underline{Q} = A^T \underline{t}$$

$$\underline{C}\underline{x}^0/H = \underline{t}_c$$

y por tanto

$$\underline{x}^0/H = \underline{x}^0 - GC^T (CGC^T)^{-1} (\underline{C}\underline{x}^0 - \underline{t}_c).$$

Sea R/H el valor de R después de ser filtrado por la hipótesis H , es decir,

$$\begin{aligned} R/H &= (\underline{t} - A\underline{x}^0/H)^T (\underline{t} - A\underline{x}^0/H) = \\ &= R + (\underline{C}\underline{x}^0 - \underline{t}_c)^T (CGC^T)^{-1} (\underline{C}\underline{x}^0 - \underline{t}_c) = R + W \end{aligned}$$

Cualquiera que sea la hipótesis $H: \underline{C}\underline{x} - \underline{t}_c = \underline{0}$, es necesario para calcular W que la matriz (CGC^T) sea invertible, es decir, no singular. Entonces si la matriz (CGC^T) es singular, se puede afirmar que $\underline{C}\underline{x}$ es no estimable. Ahora bien, puede suceder que

- 200 -

(CGC^T) sea invertible, y que $Cx - t_c$ sea no estimable.

Apéndice 4.

Determinación de la matriz pseudoinversa,

La determinación de la matriz pseudoinversa A^+ explícitamente puede hacerse de varias formas que vamos a tratar a continuación.

a.- Método del gradiente conjugado.

Sea A una matriz invertible, entendiéndose por invertible que existe cualquier inversa generalizada de A . La única solución \underline{u} de la ecuación matricial

$$A x = 1 \quad (1)$$

es también la única que minimiza la funcional cuadrática f definida por

$$f(x) = \|A x - 1\|^2 \quad (2)$$

Desarrollando la ecuación (2) se tiene

$$f(x) = (Nx, x) - 2(x, A^T 1) + \|1\|^2 \quad (3)$$

donde $N = A^T A$ es una matriz definida y positiva.

Los conjuntos de nivel definidos por

$$S_k = \{ x: f(x) = k, k \in \mathbb{R} \} \quad (4)$$

son elipsoides centrados en la solución de (2), \underline{u} . De hecho existe una única descomposición del operador matricial N dada por

$$N = V D V^T \quad (5)$$

donde D es una matriz definida positiva y diagonal.

Para esta descomposición los conjuntos de nivel son de la forma,

$$(Dw, w) - (2w, \tilde{l}) = k \quad (6)$$

siendo $w = V^T x$ y $\tilde{l} = V^T A^T l$. Ahora bien el conjunto de puntos w que satisface la relación (6) es un elipsoide de centro $D^{-1}\tilde{l} = V^T u$.

Si v es un vector tangente al elipsoide dado por (3) en el punto w , entonces

$$(Dw - \tilde{l}, v) = 0 \quad (7)$$

o equivalentemente

$$(w - D^{-1}\tilde{l}, Dv) = 0 \quad (8)$$

Si q es un vector con origen en w y dirigido hacia el centro del elipsoide se verifica que q y v tienen direcciones conjugadas con respecto a la matriz D , es decir, D -conjugadas.

$$(q, Dv) = 0 \quad (9)$$

Dicho en otras palabras, si p es un vector tangente al elipsoide en x_0 y q un vector con origen en x_0 y dirigido hacia el centro del elipsoide se verifican la relación de N -conjugación,

$$(p, Kq) = 0 \quad (10)$$

Supongamos que $A \in L(H_1, H_2)$ es un operador lineal invertible y de rango cerrado, siendo H_1 y H_2 espacios de Hilbert (en nuestro caso $H_1 = R^N$ y $H_2 = R^m$) y tratamos de resolver la ecuación funcional $Ax = l$, considerando una sucesión $\{p_i\}_{i \in N}$ de direcciones conjugadas para el operador A^*A , esto es

$$(p_i, Ap_j) = 0 \quad \text{para } i \neq j \quad (11)$$

Sea $x_0 \in H_1$, un punto inicial arbitrario y en la dirección del vector p_0 hagamos

$$x_1 = x_0 + \alpha_0 p_0 \quad (12)$$

La determinación de α_0 óptimo de forma que minimice la funcional f en el punto x_1 , es necesario que

$$\frac{d}{d\alpha} (f(x_0 + \alpha_0 p_0))_{\alpha = \alpha_0} = 0 \quad (13)$$

obteniéndose sin dificultad

$$\alpha_0 = (p_0, r_0) / (p_0, Ap_0) \quad (14)$$

siendo

$$r_0 = A 1 - Nx_0 = y - Nx_0 \quad (15)$$

el vector residual.

En general la iteración puede escribirse

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n + \alpha_n p_n \\ \alpha_n &= (p_n, r_n) / (p_n, Ap_n) \\ r_n &= y - A x_n \end{aligned} \quad (16)$$

A continuación se van a enunciar una serie de teoremas cuya demostración puede verse en C.W. Groetsch, 1977.

Teorema 1.- Los vectores r_n definidos por (14.c) satisfacen las siguientes relaciones:

- (a) $(p_i, r_j) = 0 \quad i < j$
- (b) $(p_i, r_i) = (p_i, r_{i-1}) = \dots = (p_i, r_1)$

$$(c) \quad \alpha_1 = (p_1, r_1) / (p_1, A p_1).$$

Lema 1.- El vector x_n minimiza la funcional $f(x) = \|Ax - 1\|^2$ sobre el conjunto $\{x_0 + z; z \in \mathcal{L}(p_0, \dots, p_{n-1})\}$, indicando con \mathcal{L} el desarrollo lineal de los vectores p_0, p_1, \dots, p_{n-1} .

Teorema 2.- Sea H_1 un espacio de Hilbert separable y $A \in L(H_1, H_2)$ un operador con inversa acotada. Entonces la secuencia $\{x_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ definida por (16.a) converge a la única solución \underline{u} de $Ax = 1$, para cualquier $x_0 \in H_1$.

A diferencia de otros métodos basados en direcciones conjugadas tales como el del descenso más profundo, la idea del método del gradiente conjugado es la siguiente: Tomemos un x_0 inicial y arbitrario y sea

$$p_0 = r_0 = A^T A x_0 - A^T 1$$

$$\alpha_0 = (r_0, r_0) / (A r_0, A r_0).$$

En el siguiente paso calculamos

$$x_1 = x_0 - \alpha_0 p_0$$

$$r_1 = A^T A x_1 - A^T 1 = r_0 - \alpha_0 A^T A p_0$$

El vector p_1 N-conjugado con respecto a p_0 se construye formado en el plano dado por los vectores r_1 y p_0 ,

$$p_1 = r_1 + \beta_0 p_0 \quad \beta_0 \in \mathbb{R}$$

y con la condición de N-conjugación

$$(p_0, N p_1) = 0 \Rightarrow (p_0, N(r_1 + \beta_0 r_0)) = 0$$

$$\beta_0 = - (p_0, Ar_1) / (p_0, Ap_0) = - (r_1, Ap_0) / (p_0, Ap_0).$$

Ahora sea

$$x_2 = x_1 - \alpha_1 p_1$$

con α_1 determinado por la condición,

$$\frac{d}{d\alpha} (f(x_1 - \alpha p_1))_{\alpha=\alpha_1} = 0$$

deduciéndose

$$\alpha_1 = (r_1, p_1) / \|Ap_1\|^2$$

Continuando de esta manera para $i=1, 2, \dots$ calculamos

$$r_i = A^T A x_i - A^T l = r_{i-1} - \alpha_{i-1} A^T A p_{i-1} \quad (17)$$

donde,

$$\alpha_{i-1} = (r_{i-1}, p_{i-1}) / \|Ap_{i-1}\|^2 \quad (18)$$

Si $r_i \neq 0$ se calcula

$$p_i = r_i + \beta_{i-1} p_{i-1} \quad (19)$$

con

$$\beta_{i-1} = - (r_i, A^T A p_{i-1}) / \|Ap_{i-1}\|^2 \quad (20)$$

y finalmente

$$x_{i+1} = x_i - \alpha_i p_i \quad (21)$$

Lema 2.- Los vectores $\{p_i\}_{i \in \mathbb{N}}$ calculados por (19) son K-conjugados y los vectores residuos $\{r_i\}_{i \in \mathbb{N}}$ definidos por (17)

son ortogonales, verificándose que

$$(r_k, r_k) = (r_k, p_k); k=1,2,\dots$$

Se da a continuación un teorema debido a Kammerer y Nashed, 1972 que es fundamental para la determinación de la pseudosolución por el método del gradiente conjugado.

Teorema 3.- Si $A \in L(H_1, H_2)$ tiene rango cerrado, entonces el método del gradiente conjugado converge monotonamente a la solución de mínimos cuadrados

$$u = A^+l + (I - P_H) x_0$$

de la ecuación (1), donde P_H indica la proyección de H_1 sobre el subespacio cerrado $H = R(A^*)$.

La demostración del teorema se da en W.J. Kammerer y Z. Nashed, 1972.

Si $x_0 \in R(A^*)$ entonces $(I - P_H) x_0 = 0$ y el método del gradiente conjugado da una solución \underline{u} que es la pseudosolución de (1).

Por otra parte el método del gradiente conjugado es matemáticamente un método exacto, puesto que si (1) tiene n incógnitas la convergencia está asegurada en menos o a lo sumo n iteraciones. En realidad debido a los errores de redondeo esto no es cierto, dependiendo la convergencia del método del condicionamiento de la matriz $N = A^T A$.

Finalmente se describe el algoritmo G.C.M. (gradiente conjugado modificado) utilizado en la resolución de las ecuaciones normales del método de Helmert de determinación del geóide. Este algoritmo representa una ventaja en el tratamien-

to en ordenador de sistemas de ecuaciones con matrices asociadas huecas (sparse), puesto que no forma explícitamente las ecuaciones normales almacenando únicamente en memoria central las relaciones de observación que como se sabe del capítulo 5 tienen únicamente dos elementos distintos de cero por ecuación.

Sea el sistema consistente (1), donde A es una matriz $m \times n$ con $m \geq n$. Se toma un vector inicial $x_0 \in R^n$ y se calcula

$$v(0) = A x(0) + 1 \quad \text{con } x(0) = x_0$$

Para $j=1, 2, \dots, N$

$$r(j-1) = A^T v(j-1)$$

$$\epsilon_{j-1} = (A r(j-1))^T (A h(j-1)) / \|A h(j-1)\|^2, \quad j \geq 2$$

$$h(j) = \begin{cases} -r(0) & j=1 \\ -r(j-1) + \epsilon_{j-1} h(j-1) & j \geq 2 \end{cases}$$

$$\lambda_j = -r(j-1) \cdot h(j) / \|A h(j)\|^2$$

$$x(j) = x(j-1) + \lambda_j h(j)$$

$$v(j) = A x(j) + 1$$

$$v_{*}(j) = v(j-1) + \lambda_j A h(j)$$

Los tests que deben verificarse son

$$r(j)^T \cdot h(j) = 0$$

$$r(j-1)^T \cdot r(j) = 0$$

que se denominan de ortogonalidad y

$$v_{*}^{(j)} = v^{(j)}$$

La terminación de las iteraciones depende de los requisitos geodésicos del problema. En nuestro caso se han determinado las siguientes condiciones para dar por finalizada la iteración.

(a) Si la diferencia entre dos iteraciones consecutivas para el vector solución es suficientemente pequeña, es decir

$$\|x^{(j)} - x^{(j-1)}\| < \varepsilon$$

para ε fijado de antemano.

(b) si

$$r^{(j)T} \cdot r^{(j)} = 0$$

(c) si

$$\|A h^{(j)}\|^2 = 0$$

(d) si

$$\|r^{(j)}\|^2 \leq 3 \|A^T(v^{(j)} - v_{*}^{(j)})\|^2$$

(e) si el número de iteraciones es rechazado, esto es el proceso no converge para un número de iteraciones dado.

La determinación de la matriz inversa N^{-1} o bien N^+ dependiendo de que la matriz N sea regular o no se hace a través de la condición

$$\begin{aligned} N N^{-1} &= I && (\text{caso regular}) \\ N N^+ N &= N && (\text{caso singular}) \end{aligned}$$

siendo I la matriz identidad.

(b) Método de restricciones internas.

Este método usualmente utilizado en Geodesia está descrito en J.M. Sevilla, 1983 remitiéndonos aquí a dar unos breves detalles. Si la matriz normal $N = A^T A$ es singular con un defecto de rango igual a r , $\text{rango}(N) = n - r = s$. El método se basa en la idea de introducir una matriz $C \in M(s, n)$ de forma que la matriz ampliada

$$\begin{pmatrix} N & C^T \\ C & 0 \end{pmatrix} \quad N = A^T A, \quad \text{sea } C^T = 0$$

sea no singular y por tanto invertible

$$\begin{pmatrix} N & C^T \\ C & 0 \end{pmatrix}^{-1} = \begin{pmatrix} Q & H^T \\ H & S \end{pmatrix}$$

verificandose las siguientes relaciones matriciales

$$N Q + C^T H = I$$

$$N H^T + C^T S = 0$$

$$C Q = 0$$

$$C H^T = I$$

deduciendose (G. Elsha, 1982)

$$H^T = C^+ = C^T (C C^T)^{-1}$$

$$S = 0$$

$$Q = K^+ = A^+ A^{+T}$$

El método es equivalente al siguiente problema de mínimos cuadrados con restricciones,

$$\begin{pmatrix} A^T A & C^T \\ C & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ -k_C \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A^T l \\ 0 \end{pmatrix}$$

que conduce a la solución mínimos cuadrados y norma mínima,

$$x = N^+ A^T l = A^+ l$$

$$-k_C = C^{+T} A^T l$$

verificando la matriz de varianzas-covarianzas de las incógnitas o la matriz cofactor del ajuste

$$C_{xx} = A^+ A^{+T} = N^+$$

es de traza mínima.

$$\text{traza}(C_{xx}) = \text{mínimo.}$$

Apéndice 5.

Procesos estocásticos Gaussianos.

Sea T un conjunto arbitrario, H un espacio de Hilbert y (Ω, \mathcal{A}, P) un espacio probabilístico.

Definición 1.- Se dice que $\tilde{\Phi}$ es un proceso estocástico sobre H , si a cada elemento $\varphi(t)$, $t \in T$ de H se le hace corresponder mediante $\tilde{\Phi}$ una variable aleatoria $\tilde{\Phi}(\varphi)$ con distribución normal, llamándose el proceso gaussiano. Es decir, para cada n elementos $\varphi_1, \dots, \varphi_n \in H$ y para cada $t \in T$ se da una medida probabilística n -dimensional de tal forma que tenga sentido hablar de la probabilidad

$$\text{pr}(a_k \leq \tilde{\Phi}(\varphi_k) \leq b_k), 1 \leq k \leq n, t \in T, a_k, b_k \in \mathbb{R}.$$

Concretemos esta definición: Sea $\tilde{\Phi}$ un proceso gaussiano sobre un cierto espacio funcional con estructura de espacio de Hilbert H , a cada función $\varphi \in H$ se le hace corresponder una variable aleatoria

$$\begin{array}{ccc} H & \xrightarrow{\tilde{\Phi}} & H_{\tilde{\Phi}} \\ \varphi & \longmapsto & \tilde{\Phi}(\varphi) \end{array}$$

siendo $H_{\tilde{\Phi}}$ un espacio de variables aleatorias normalmente distribuidas al que más adelante se dotará de una estructura conveniente, verificándose

$$\tilde{\Phi}(\varphi) = \xi(t; \omega) \quad t \in T \quad \omega \in \Omega$$

siendo una aplicación dada por

$$\xi(t; \omega): T \times \Omega \longrightarrow \mathbb{R}$$

que induce una función

$$\xi^t(\omega): \Omega \longrightarrow \mathbb{R}$$

que es una variable aleatoria normal definida por

$$\xi^t(\omega) = \xi(t; \omega), \quad t \in T,$$

Definición 2.- Sea $\bar{\Phi}$ un proceso gaussiano definido sobre un espacio de Hilbert H , se define el valor medio del proceso por,

$$\begin{aligned} m(\psi(t)) &= E(\bar{\Phi}(\psi)) = E(\xi(t; \omega)) = \\ &= \int_{\Omega} \xi(t; \omega) P_{\xi}(d\omega) \end{aligned}$$

donde P_{ξ} es la medida probabilística inducida por la variable aleatoria $\xi(t; \omega)$. Luego para $\psi \in H$ fijo, el valor medio $m(\psi(t))$ es una función

$$m: T \longrightarrow \mathbb{R}$$

definida por

$$m(t) = \int_{\Omega} \xi(t; \omega) P_{\xi}(d\omega).$$

Para $t \in T$ fijo la función valor medio m define una funcional $m(\psi) \in \mathbb{R}$ que bajo ciertas hipótesis de linealidad de $\bar{\Phi}$ es lineal. El proceso $\bar{\Phi}(\psi) - m(\psi)$ tiene media cero y por tanto todo proceso $\bar{\Phi}(\psi)$ se puede representar como la suma de una funcional lineal $m(\psi)$ y un proceso de media cero.

Al lado de la funcional lineal $m(\psi)$ se define una forma bilineal B llamada forma de correlación por

$$B(\psi, \psi) = E(\bar{\Phi}(\psi) \cdot \bar{\Phi}(\psi)), \quad \forall \psi, \psi \in H$$

de forma que para φ, ψ fijos, induce una aplicación

$$B: T \times T \longrightarrow \mathbb{R}$$

$$B(s, t) = E(\xi^s(\omega) \cdot \xi^t(\omega)) \quad \forall s, t \in T$$

Si el proceso $\tilde{\Phi}$ es lineal, la forma de correlación $B(\varphi, \psi)$ es bilineal y simétrica, es decir, $B(\varphi, \psi) = B(\psi, \varphi)$ $\forall \varphi, \psi \in H$. Además puesto que la variable $(\tilde{\Phi}(\varphi))^2$ es positiva

$$B(\varphi, \varphi) = E(\tilde{\Phi}(\varphi)^2) \geq 0, \quad \forall \varphi \in H.$$

Se define la forma de covarianza $C(\varphi, \psi)$ por

$$C(\varphi, \psi) = B(\varphi, \psi) - m(\varphi) \cdot m(\psi), \quad \forall \varphi, \psi \in H$$

demostrándose que C es una forma bilineal definida y positiva.

Para $\varphi, \psi \in H$ fijos, la forma de covarianza induce una aplicación

$$C: T \times T \longrightarrow \mathbb{R}$$

$$C(s, t) = E((\xi^s(\omega) - m(s))(\xi^t(\omega) - m(t))).$$

La probabilidad del conjunto $\{\tilde{\Phi}(\varphi_1), \dots, \tilde{\Phi}(\varphi_n)\}$, $\varphi_1, \dots, \varphi_n \in H$ viene dada por

$$Pr = \frac{\sqrt{\det \Lambda}}{(2\pi)^{n/2}} \int \exp(-1/2(\Lambda x, x)) dx,$$

donde (\cdot, \cdot) denota el producto escalar en \mathbb{R}^n y la matriz

$\Lambda = (\lambda_{ij})$, $i, j=1, \dots, n$ se supone definida positiva

$$(\Lambda x, x) = \sum \lambda_{ij} x_i x_j$$

Teorema 1.- Si $\tilde{\Phi}$ es un proceso gaussiano, entonces para cualquier elección de $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ linealmente independientes se tiene que

$$\Lambda = (E(\varphi_i, \varphi_j))^{-1} \quad i, j=1, \dots, n$$

Teorema 2.- Si $\tilde{\Phi}$ es un proceso gaussiano no degenerado ($\det \Lambda \neq 0$) para cualquier elección $\varphi_1, \dots, \varphi_n \in H$ linealmente independientes, la ley de probabilidad de la variable aleatoria $\{\tilde{\Phi}(\varphi_1), \dots, \tilde{\Phi}(\varphi_n)\}$ es

$$Pr = \frac{\sqrt{\det \Lambda}}{(2\pi)^{n/2}} \int \exp(-1/2(\Lambda x, x)) dx$$

Teorema 3.- Si $B(\varphi, \psi)$ es una forma bilineal continua, $m(\varphi)$ una forma lineal continua y la forma $C(\varphi, \psi)$ es definida y positiva para todo $\varphi, \psi \in H$, existe un proceso gaussiano $\tilde{\Phi}$ tal que $B(\varphi, \psi)$ y $m(\varphi)$ son su forma de correlación y su valor medio respectivamente.

La demostración de estos teoremas puede encontrarse en el texto de I.M. Gelfand y N.Y. Vilenkin, 1964, Vol.3.

A continuación se van a dar una serie de resultados sobre la representación de procesos gaussianos en un espacio de Hilbert.

Sea H un espacio de Hilbert de funciones completo y separable, $\tilde{\Phi}$ un proceso gaussiano definido sobre H , (Ω, \mathcal{A}, P) un espacio probabilístico. Consideremos $\varphi(t) \in H$, entonces para cada $t \in T$ fijo, $\tilde{\Phi}(\varphi(t))$ es una variable aleatoria gaussiana. La funcional $\tilde{\Phi}$ tiene la representación integral convergente

$$\begin{aligned} \tilde{\Phi}(\varphi) &= (\varphi(t), \xi(t; \omega))_{L^2(T)} = \\ &= \int_T \varphi(t) \xi(t; \omega) dt \end{aligned}$$

y por tanto el espacio $H_{\tilde{\Phi}}$ que no se había concretado antes

es $L^2(\Omega, \mathcal{A}, P)$, esto es el espacio de funciones (variables aleatorias) de cuadrado integrable, dando lugar a la teoría de procesos estocásticos de segundo orden.

Para $\omega \in \Omega$ fijo la funcional $\bar{\Phi}(\varphi)$ es continua, puesto que el producto escalar en L^2 es una funcional continua y se concluye que

$$\lim_{\|\varphi - \psi\|_H \rightarrow 0} \|\bar{\Phi}(\varphi) - \bar{\Phi}(\psi)\|_{L^2} \rightarrow 0$$

Apliquemos a la funcional valor medio, $m(\varphi), \varphi \in H$, el teorema de Frechet-Riesz, deduciéndose que si $m \in H^*$, existe $\varphi \in H$ tal que,

$$m(\varphi) = (\varphi, m)_H \quad \forall \varphi \in H$$

es decir

$$(\varphi, m)_H = \int_{\Omega} (\varphi, f(\omega)) P_f(d\omega)$$

La funcional covarianza $C(\varphi, \psi), \varphi, \psi \in H$ admite una representación del tipo

$$C(\varphi, \psi) = (c\varphi, \psi)_H \quad \forall \varphi, \psi \in H$$

siendo

$$C(\varphi, \psi) = \int_T c\varphi \cdot \psi dt$$

Sea e_1, \dots, e_n, \dots un sistema ortonormal en H cuyos elementos son funciones propias del operador c y $\sigma_1^2, \dots, \sigma_n^2$ los correspondientes autovalores, entonces

Teorema 4.- Los valores $\varphi_k = (\sigma_k, \varphi)_H = \bar{\Phi}(e_k)$ son incorrelados, es decir

$$E(\varphi_k \varphi_j) = 0 \quad \text{para } k \neq j$$

La demostración es inmediata, basta hacer

$$\begin{aligned} E(\xi_k \xi_j) &= C(\bar{\Phi}(e_k), \bar{\Phi}(e_j)) = C(e_k, e_j) = \\ &= (ce_k, e_j)_H = \delta_{jk} \sigma_k^2. \end{aligned}$$

y además

$$\sum \xi_k^2(\omega) = \sum \bar{\Phi}^2(e_k) = \sum (e_k, \xi)_H^2 = \|\xi(\omega)\|_H^2$$

Ahora bien, para variables aleatorias gaussianas la convergencia de la serie $\sum \xi_k^2(\omega)$, $\omega \in \Omega$ implica la convergencia de la serie $\sum E(\xi_k^2)$ y por consiguiente

$$\sum (ce_k, e_k)_H = \sum E(\xi_k^2) = \sum \sigma_k^2 < +\infty$$

y por tanto el operador c es nuclear.

Teorema 5.- Sea $\bar{\Phi}(\varphi)$, $\varphi \in H$ una función aleatoria gaussiana con media cero y operador de covarianza C que induce el operador $c: H \rightarrow H$ nuclear. Existe entonces para cada función aleatoria $\bar{\Phi}(\varphi)$ una variable aleatoria gaussiana $\xi(\omega)$, $\omega \in \Omega$ de tal forma que

$$\begin{aligned} \bar{\Phi}: H &\longrightarrow H \\ \bar{\Phi}(\varphi(t)) &= \xi(t; \omega) \quad t \in T, \omega \in \Omega \end{aligned}$$

y

$$\bar{\Phi}(\varphi) = (\varphi, \xi(t; \omega)) = \int_T \varphi(t) \xi(t; \omega) dt$$

la variable aleatoria $\xi(\omega) \in H_c$ puede escribirse para todo suceso

$$\xi(\omega) = \sum \xi(e_k) \cdot e_k(\omega)$$

que es el llamado desarrollo de Loeve, (E. Parzen, 1961), con-

$\{e_i\}_{i \in \mathbb{N}}$ es un sistema ortonormal completo de H formado por las funciones propias del operador c .

El desarrollo de Loeve puede también escribirse

$$\xi(\omega) = \sum (e_k, \xi)_H e_k(\omega)$$

A continuación se va a detallar más concisamente el espacio H_ξ . Se ha visto que la funcional de covarianza C es de tipo Hermitiano y definida positiva. Definamos la aplicación

$$u: H \longrightarrow F$$

siendo F el conjunto de las funciones reales sobre T de la siguiente forma: sea $\psi \in H$ fija y

$$u_\psi(\xi) = E(\psi \cdot \xi)$$

La aplicación u es inyectiva y sea \mathcal{H} el espacio imagen al que se dota de un producto escalar

$$(\xi, \eta)_\mathcal{H} = (u^{-1}(\xi), u^{-1}(\eta))_H \quad \xi, \eta \in H$$

y se tiene así un espacio de Hilbert isomorfo a H por la aplicación u , es decir, las funciones $\xi(t; \omega), t \in T$ engendran H y de la misma forma las funciones $u(\xi(t))$ engendran \mathcal{H} . Ahora bien $u(\xi(t)) = (\xi(t), \cdot)_H = C(t, \cdot)$ definida como sigue: sea $h \in \mathcal{H}$ y por la definición de u existe $\eta \in H$ tal que $u(\eta) = h$, luego

$$(h, C(t, \cdot))_\mathcal{H} = (\eta, \xi)_H = u(\eta) = h(t) \quad \forall t \in T$$

de lo que deducimos que el operador C es el núcleo generador del espacio \mathcal{H} , verificándose

$$(C(s, .), C(., t)) = C(s, t) \quad \forall s, t \in T$$

teniendo el teorema siguiente.

Teorema 6.- Sea $\xi(t; \omega)$, $t \in T$, $\omega \in \Omega$ una función aleatoria gaussiana de media cero y sea C su operador de covarianza, existe entonces un espacio de Hilbert \mathcal{H} formado por funciones reales sobre T con las siguientes propiedades:

- a.- Las funciones $C(t, .)$, $t \in T$ generan el espacio
- b.- El valor de $h \in \mathcal{H}$ en un punto genérico $t \in T$ es dado por $h(t) = (h, C(t, .))$

El espacio así obtenido se denomina espacio generador asociado a la función o proceso aleatorio $\tilde{\Phi}$, demostrándose que las propiedades a y b caracterizan totalmente al espacio \mathcal{H} , mediante la función de covarianza C de $\tilde{\Phi}$.

Teorema 7.- Para todo conjunto T y todo núcleo hermitiano definido positivo $C: T \times T \longrightarrow \mathbb{R}$, existe un espacio de Hilbert único formado por funciones de T en \mathbb{R} tales que:

- a.- Las funciones $C(t, .)$, $t \in T$ engendran este espacio
- b.- El valor en el punto $t \in T$ de toda función $h \in \mathcal{H}$ es dado por

$$h(t) = (h, C(t, .))$$

En lo que sigue denominaremos a este espacio $H(C)$.

Teorema 8.- Para todo conjunto T y todo núcleo hermitiano definido positivo C sobre $T \times T$, existe un espacio probabilístico y una función aleatoria gaussiana $\tilde{\Phi}$ de media cero y de covarianza C .

Corolario 1.- Para todo conjunto T , toda función m sobre T y todo núcleo hermitiano definido positivo sobre $T \times T$, existe una función aleatoria gaussiana $\tilde{\Phi}$ con media m y covarianza C .

Teorema 9.- Para una función aleatoria gaussiana de media cero, $\tilde{\Phi}(\varphi(t))$, $t \in T$, siendo T un espacio topológico, sea continua en L^2 , es necesario y suficiente que su núcleo de covarianza sea continuo sobre $T \times T$ y el espacio $H(C)$ esté formado por funciones continuas. Para que una función aleatoria gaussiana sea acotada en L^2 es condición necesaria y suficiente que su núcleo de covarianza C sea acotado en $T \times T$.

Teorema 10.- Sea $\tilde{\Phi}$ un proceso gaussiano determinado por $\varphi(t; \omega)$ de media cero y de covarianza C , sea $H(C)$ el espacio asociado a H , $\{e_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ una base ortonormal del espacio H y $\{h_n\}_{n \in \mathbb{N}}$ una base ortonormal de $H(C)$, entonces para todo s de T

$$\varphi(s; \omega) = \sum e_n h_n(s)$$

$$C(s, \cdot) = \sum h_n(s) h_n$$

Las dos series de los segundos miembros convergen para todo $s \in T$ en el espacio H y $H(C)$ respectivamente, y

$$C(s, t) = \sum h_n(s) h_n(t)$$

que es el llamado teorema de Mercer. La demostración de estos teoremas se encuentra en E. Parzen, 1961.

BIBLIOGRAFIA.

- Anderle, R.J. - Transformations of Terrestrial Survey Data to Doppler Satellite Datum, J.G.R., Vol. 79, (1974).
- Baarda, W. - A Testing Procedure for Use in Geodetic Networks, Neth. Geodetic Commision, No. 5, (1968).
- Baarda, W. - S-Transformations and Criterium Matrices, Neth. Geodetic Commision, New Series, 5, No. 1, (1977).
- Bada de Cominges, B. - Análisis Estadístico de Redes Geodésicas Tesina presentada en la Universidad Complutense de Madrid, Dto de Matemáticas, Cátedra de Astronomía y Geodesia, (1985).
- Badekas, J. - Investigations Related to the Establishment of the World Geodetic System, Reports of the Department of Geodetic Science, No 124, The Ohio State University, Columbus, Ohio, (1969).
- Bjerhammar, A. - Theory of Errors and Generalized Inverses Matrix, Elviesier Scient. Publ. Co. (1973).
- Boedecker, G. - Design of a Local Control Net for Geodynamics, D.G.K., Nr. 252, Munich, (1980).
- Bomford, G. - The Astrogeodetic Geoid in Europa and Connected Areas. Appendix to Mrs Fisher's Report for the Study Group V-29, I.U.G.G. - Congress, Moscou, (1971).
- Bomford, G. - Geodesy, Clarendon Press, Oxford, (1971).
- Borre, K. and Meissl, P. - Strenght Analysis of Leveling Type Networks, Report No. 15 of the Dannish Geodetic Institute, (1974).
- Ganeko, Y. - Astrogeodetic Geoid of Japan, S.A.O. Special Report, 372, (1976).

- Grafarend, E. - Geodetic Applications of Stochastic Processes, Physical Planetary Interiors, 12, (1976).
- Grafarend, E. - Isotropics of Vertical Deflections, S.G.R., 76, (1971).
- Grafarend, E. and Schaffrin, B. - Kriterion Matrizen I, Z.F.V. 194, (1974).
- Grafarend, E. and Schaffrin B. - Unbiased Free Net Adjustment, Survey Review, 22, (1974).
- Kok, J.J. - The B-Method of Testing Applied to RETrig Computations, Report of the IAG Symposium for RETrig, Brussels, (1977).
- Heiskanen, W.A. and Moritz, H.- Physical Geodesy, W.H. Freedman and Company, (1967).
- Heitz, S. - An Astrogeodetic Determination of the Geoid for West Germany. Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt, Nr. 24, (1969).
- Jordan, S.K. - Self-Consistent Statistical Models for the Gravity Anomaly, Vertical Deflections and Ondulations of the Geoid, J.G.R. Vol. 77, (1972).
- Krawinsky, E.J. and Wells, D.E. - Mathematical Models for the Combination of Terrestrial and Satellite Networks, The Canadian Surveyor, Vol. 28, Nr. 5, (1974).
- Levallois, J.J. - Sur le Calcul des Geoides Astrogeodesiques, Boll. di Geodesia e Sci. Affines, Anno XXXVII, 2-3, (1978).
- Levallois, J.J. - Geodesie Generale, Tomo III, Eyrolles, (1969).
- Meier, S. - Planar Geodetic Covariance Functions, Rev. of Geophysics and Space Physics, Vol.19, Nr. 4, (1981).

- Merry, C.L. and Vanicek, P. - A Method for Astrogravimetric Geoid Determination, Technical Report, No.27, Dpto. of Survey Engineering, New Brunswick, (1974).
- Mierlo, J. - Free Networks and S-Transformations, D.G.K. Nr. 252, (1980).
- Moritz, H. - Least Squares Estimation in Physical Geodesy, Rep. No. 4, Dpto. of Geodetic Science, Ohio University, (1970).
- Moritz, H. - Advanced Least Squares Methods, Rep. No. 175, Dpto. of Geodetic Science, Ohio University, (1972).
- Mueller, I.I. - Review of Problems Associated with Conventional Geodetic Datums, The Canadian Surveyor, Vol. 28, No. 5 (1974).
- Núñez - García, A. y Bada, A. - Comparación de los Sistemas Geodésicos ED79 y NWL9D, V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, (1983).
- Núñez - García, A. - Enlace Geodésico de la Península con Canarias y Baleares Mediante Observaciones de Satélites, IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Zaragoza, (1981).
- Núñez - García, A. - Una Nota sobre la Determinación del Geoide en Portugal, IV Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Zaragoza, (1981).
- Núñez - García, A. - Determinación del Geoide Astrogeodésico en la Península Ibérica, V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, (1983).
- Núñez - García, A., Martínez, M. y Regidor, J. - Técnicas de Simulación en Geodesia y Topografía de Alta Precisión, TOP-CART, Madrid, (1984).

- Núñez - García, A. - Análisis de Redes Libres, V Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, (1983).
- Núñez - García, A. y Bada, B. - Optimización de Redes Geodésicas para Análisis de Deformaciones, Sin publicar, (1986).
- Núñez - García, A. Y Mas, S. - Spanish Report. Report on the Symposium of the IAG Subcommision RETrig, Copenhagen, (1984).
- Núñez - García, A. - Spanish Report, Report on the Symposium of the IAG Subcommision RETrig, La Haya, (1985).
- Núñez - García, A. y Bada, B. - Actual State of the Geoid in the Iberian Peninsula, Presentado en Florencia en el Congreso para la Determinación del Geoide en Europa, (1986).
- Núñez - García, A. - Proyecto de Enlace Geodésico de las Islas Canarias con GPS, A publicar en 1987 en la Revista de Geodesia del I.G.C. de Portugal.
- Pelzer, H. - Criteria for the Reliability of Geodetic Networks International Symposium on Optimization and Computation of Control Networks, Sopron, (1977).
- Pelzer, H. - Some Criteria for the Accuracy and Reliability of Networks, D.G.K., Nr. 252, (1980).
- Nuno de Souza, A. - VDP's Relatorio sobre a Actual Situação, I.G.C. de Portugal, (1978).
- Pope, J.A. - The Statistics of Residuals an the Detection of Outliers, XVI Asamblea de la I.U.G.G., Grenoble, (1975).
- Ralston, A. - Introducción al Análisis Numérico, Limusa Weley, (1971).

- Remmer, O. A Stability Investigation of Least Squares Adjustment by Elements, Meddelelse No. 49, Danmark, (1973).
- Sevilla, M.J. y Núñez - García, A. - Estudio de Errores en Nivelación Astrogeodésica, III Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid, (1979).
- Sevilla, M.J., Núñez - García, A. - Determinación de la Latitud por el Método de Sterneck, Revista Topográfica, (1979).
- Sevilla, M.J. y Núñez - García, A. - Determinación de la Longitud por el Método de Mayer, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército, No. 42, (1980).
- Sevilla, M.J. - El Sistema IAU (1976) de Constantes Astronómicas y su Repercusión en la Reducción de Posiciones de Estrellas; Parte I, Boletín de Información del Servicio Geográfico del Ejército, No. 48, (1981).
- Rice, D.A. - A Geoidal Section in the States Unites, Bulletin Geodesique, No. 65, (1962).
- Sjoberg, L. - Statistical Tests on ED79 Residuals for Danmark, Report on the Symposium of the IAG Subcomission RETrig, Londres, (1981).
- Shaw, L., Paul, I. and Henricson, P. - Statistical Models for the Vertical Deflections from Gravity - Anomaly Models, J.G.R. Vol. 74, (1969).
- Strang van Hees, G.L. - Variance-Covariance Transformations of Geodetic Networks, Manuscripta Geodaetica, Vol. 7, (1982).
- Strang van Hees, G.L. - The Precision of the Geoid from Gravity Data, Feestbundel ter Gelegenheid van de 65ste Verjaardag van Professor Baarda, Ded II, (1982).

- Strang van Hees, G.L. - Testing of Geodetic Networks, *Quaterniones Geodaeiae*, 5, 3, (1984).
- Torge, W., Boedecker, G. and Wenzell, H.G. - Astrogeodetic Geodetic Determinations in the Western Harz, *D.G.K.*, Nr. 247, (1981).
- Voïerodine, V. - Principes Numeriques d'Algebre Linéaire, Ed. Mir, Moscou, (1980).
- Vanicek, P. and Merry, C.L. - Determination of the Geoid from Deflections of the Vertical Using a Least-Squares Surface Fitting Techniques, *Bulletin Geodesique*, Nr. 109, (1973).
- Wimmer, H. - Ein Beitrag zur Gewichtsoptimierung Geodätischer Netze, *D.G.K.*, No. 269, (1981).
- Zakatov, P.S. - Curso de Geodesia Superior, Ed. Mir, Moscú, (1982).

En cuanto a textos de Estadística utilizados en este trabajo podemos enumerar:

- Groetsch, C.W.- Generalized Inverses of Linear Operators, Dekker INC, (1977).
- Morrison, D.F. - Applied Linear Statistical Methods, Wiley, (1983).
- Rao, C.R. y Mitra, S.K. - Generalized Inverses of Matrices and its Applications, Wiley, (1971).
- Scheffé, H. - The Analysis of Variance, Wiley, (1959).
- Searle, S.R.- Linear Models, Wiley, (1971).
- Seber, G.A.F. - Linear Regression Analysis, Wiley, (1977).